



Center for Grøn Transport

Trafikstyrelsen

## REDEGØRELSE

– elbiler og  
plug-in hybridbiler

April 2010

## Udgivet af Center for Grøn Transport i Trafikstyrelsen

*Note: Per 15. april 2010 er Færdselsstyrelsen fusioneret med Trafikstyrelsen.*

### **Bidragydere:**

#### **Teknologisk Institut**

Civilingeniør Anders Elkjær Tønnesen. Batterier

Civilingeniør Kim Winther. Standardisering

Programleder Kjeld Nørregaard. Køretekniske egenskaber

#### **Danmarks Teknologiske Universitet (DTU)**

Civilingeniør Esben Larsen. Elnettet

Seniorforsker Linda Christensen. Brugeradfærd og behovsopfyldelse

Seniorforsker Ole Kveiborg. Indfasning

**Oplag:** 1.000 stk

**Grafisk design:** Anne-Mette Thomsen, grafiliokus.dk

**Tryk:** Formula Tryxager

Udgivet april 2010



# REDEGØRELSE

– elbiler og  
plug-in hybridbiler

# INDHOLD

---

<b>1. SAMMENFATNING</b>	<b>5</b>
<b>2. INDLEDNING</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Redegørelsens opbygning og fokuspunkter</b>	<b>12</b>
<b>2.2. El- og plug-in hybridbiler – baggrund og teknik</b>	<b>13</b>
2.2.1. Hvorfor el- og plug-in hybridbiler?	13
2.2.2. Typer af elbiler	13
2.2.3. Plug-in hybridbiler	14
2.2.4. Batterier	15
<b>2.3. Historik og status for el- og plug-in hybridbiler</b>	<b>16</b>
2.3.1. Den historiske udvikling	16
2.3.2. Status for elektriske køretøjer	17
<b>2.4. Initiativer til fremme af elbiler</b>	<b>18</b>
<b>2.5. Nøgleinteressenter på markedet for elkøretøjer</b>	<b>18</b>
<b>2.6. Fremtidens udfordringer</b>	<b>19</b>
<b>3. TEKNOLOGISKE EGENSKABER FOR EL- OG PLUG-IN HYBRIDBILER</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Markedet for el- og plug-in hybridbiler</b>	<b>22</b>
3.1.1. Elbiler på markedet	22
3.1.2. Forskellige typer af hybridbiler	26
3.1.3. Plug-in hybridbiler	28
3.1.4. Udbudsstruktur	29
3.1.5. Teknologi- og prisudvikling	30
3.1.6. Markedet for el- og plug-in hybridbiler – opsamling	31
<b>3.2. Batteriudvikling og egenskaber</b>	<b>31</b>
3.2.1. Teknologierne i overblik	31
3.2.2. Teknologibeskrivelser	32
3.2.3. Fremtidens batteriteknologi	33
3.2.4. Batterier - opsamling	34
<b>3.3. Køretekniske egenskaber</b>	<b>34</b>
3.3.1. Trafikegenskaber	34
3.3.2. Komfort	36
3.3.3. Opladning fra et brugersynspunkt	36
3.3.4. Rækkevidde	37
3.3.5. Driftsøkonomi	38
3.3.6. Køretekniske egenskaber – opsamling	39
<b>3.4. Sikkerhed, regler og standard for elbiler og hybridbiler</b>	<b>39</b>
3.4.1. Sikkerhed	39
3.4.2. Regler og standarder for elbiler og hybridbiler	39
3.4.3. EU-regler og nationale regler	40
3.4.4. Standardisering	40
3.4.5. Sikkerhed, regler og standarder – opsamling	41

---

### **3.5. Miljømæssige forhold 41**

- 3.5.1. Bilernes CO<sub>2</sub>-udledning 41
- 3.5.2. Øvrige miljøforhold 43
- 3.5.3. Ressourcer og bæredygtighed 43
- 3.5.4. Klima, miljø og ressourcer – opsamling 44

## **4. BRUGERADFÆRD OG FORVENTNINGER 46**

### **4.1. Primære behov i forhold til privatbiler 46**

### **4.2. Primære behov i forhold til erhvervstransport 46**

### **4.3. Motivationsfaktorer i forhold til elbiler 47**

### **4.4. Kørselsmønstre og behov 47**

- 4.4.1. Personbiler 47
- 4.4.2. Bilernes mulighed for intelligent ladning 50
- 4.4.3. Godstransport og anden erhvervstrafik 51
- 4.4.4. Kørselsmønstre og behov – opsamling 52

### **4.5. Indfasningsmodel 53**

- 4.5.1. Beregningsmodellen 53
- 4.5.2. Tilgængelighed 53
- 4.5.3. Forudsætninger om konventionelle biler og elbiler i referenceberegningerne 54
- 4.5.4. Udvikling i salg og bestand af elbiler 54
- 4.5.5. Indfasning – opsamling 55

## **5. ELNETTET I FORHOLD TIL EL- OG PLUG-IN HYBRIDBILER 58**

### **5.1. Elmarked og netbalance 58**

### **5.2. Opladningskoncepter 58**

### **5.3. Opladning af el- og plug-in hybridbiler 59**

- 5.3.1. Energiforbrug og batterikapacitet 59
- 5.3.2. On board lader 60
- 5.3.3. Ekstern lader 60
- 5.3.4. Elsystemets leveringskapacitet 60
- 5.3.5. Ladepladser og kapacitet 61
- 5.3.6. Opladningskoncepter – opsamling 64

### **5.4. Elnetforhold 65**



# 1. SAMMENFATNING

---

Regeringen fremlagde i december 2008 en langsigtet plan for et grønt transportsystem, Grøn Transportvision DK. Planen skal bidrage til, at CO<sub>2</sub>-udledningen fra transportsektoren reduceres frem mod 2020. Dette mål skal nås samtidig med, at den høje mobilitet i transportsektoren fastholdes. Regeringens grønne transportvision hviler på tre ben. For det første skal der gennemføres en grøn omlægning af bilbeskattningen. For det andet skal der ske en øget investering i mere og bedre kollektiv trafik, og for det tredje skal nye, bæredygtige teknologier i transportsektoren fremmes.

Center for Grøn Transport blev oprettet af transportministeren som led i implementeringen af transportaftalen fra 2009 med den hovedopgave at fremme bæredygtige teknologier i transportsektoren. Centeret har udarbejdet denne Redegørelse – elbiler og plug-in hybridbiler med henblik på at afdække køretekniske forhold, brugernes forventninger og behov samt de miljømæssige konsekvenser ved udbredelse af el- og plug-in hybridbiler.

Ved en elbil forstås i det følgende en bil drevet af en elmotor, der har et batteri, som kan oplades med strøm fra elnettet. Ved en plug-in hybridbil forstås en bil, der kombinerer benzin- eller dieselmotor med en elmotor, og hvor elmotorens batteri kan oplades med strøm fra elnettet.

Fra en overordnet betragtning i forhold til transportsektoren har elbiler og plug-in hybridbiler den store fordel, at negative påvirkninger på miljø og klima fra biltrafikken kan reduceres samtidig med, at den høje mobilitet fastholdes. Gennem en øget udbredelse af elbiler og plug-in hybridbiler kan de mange fordele, der knyttes til bilen som en individuel transportform fastholdes samtidig med, at CO<sub>2</sub>-udledningen mm. reduceres. Elbiler og - i lidt mindre omfang - plug-in hybridbiler afviger imidlertid fra konventionelle biler på en række områder, som har betydning for transportsektoren og mobiliteten, når man sammenligner med konventionelle biler. Det skaber nogle udfordringer, som det er vigtigt at være opmærksom på.

El som drivmiddel er ikke den eneste alternative teknologi, der arbejdes med og er forventninger til, men elbiler og plug-in hybridbiler er en af de teknologier, der vurderes at være særligt store perspektiver i på det mellemlange sigt, når det drejer sig om at fremme nye teknologier i transportsektoren. Dette er også baggrunden for, at regeringen for at fremme en introduktion og udbredelse af teknologien med regeringsprogrammet fra februar 2010 har besluttet at forlænge afgiftsfritagelsen for elbiler til 2015.

Endnu en fordel ved el er forsynings sikkerhedsaspektet, idet en øget anvendelse af el i transportsektoren vil reducere behovet for og afhængigheden af fossile brændstoffer i sektoren. Både elbiler og plug-in hybridbiler forventes at kunne anvendes til oplagring af vindmøllestrøm; en mulighed, der kun i ringe grad er til rådighed i dag.

Plug-in hybridbilen kan imødekomme visse af udfordringerne for den rene elbil, fordi den også kan anvende konventionelt brændstof.

Der er i redegørelsen taget udgangspunkt i tre fokusområder:

- Brugernes behov, forventninger og økonomi i forhold til køretøjer
- Teknologien - og dermed producenternes muligheder og udfordringer
- Forbindelsen til elnettet

## FORDELE OG UDFORDRINGER VED EL-BILER

FORDELE	UDFORDRINGER
Mindre CO <sub>2</sub> -udledning	Kortere kørerækkevidde
Mindre luftforurening og støj	Lavere tophastighed – mest egnet til bykørsel og pendling
Individuelt transportmiddel, der bl.a. giver stor fleksibilitet	Prismæssigt fortsat en dyr teknologi
Kan bidrage til udnyttelse af overskydende vindenergi	Behov for udbygning af god tilgængelighed til opladningsfaciliteter og batteriskifte samt mulighed for intelligent opladning
Lavere driftsomkostninger	Udvikling af standarder for stik og internationalt regelsæt om sikkerhed i relation til batterier mm
Mindsker afhængighed af fossile brændstoffer	Gøre op med fordomme om tidligere tiders elbiler

### Brugerens behov og forventninger til elbiler og plug-in hybridbiler

Bilen er en meget vigtig del af mange danskeres hverdag. Danskerne opfatter bilen som meget væsentlig i forhold til frihed, fleksibilitet og ikke mindst mobilitet. Derfor er der netop også skepsis i forhold til elbilens rækkevidde, og hvad det kan betyde for den mobilitet og fleksibilitet, som en bil forventes at medføre. Mange har en opfattelse af, at en elbil ikke kan indfri forventningerne til en bil som følge af den begrænsede rækkevidde i forhold til en konventionel bil.

En analyse af danskernes kørselsmønstre viser imidlertid, at en elbil med en rækkevidde på 120 kilometer kan dække mellem 80 % og 90 % af danskernes daglige kørselsbehov i personbiler. Dette kørselsarbejde vil derfor kunne klares ved alene at oplade bilen derhjemme. Der udestår derfor en opgave med at tydeliggøre, at elbilen typisk vil være i stand til at møde en meget stor del af kørselsbehovet hos den enkelte bilist. Elbilen kan på den baggrund være en god løsning i forhold til daglig kørsel herunder pendling til og fra arbejde. Det skal imidlertid ikke undervurderes, at selv bilister, der har en god viden om deres kørselsmønster, kan tænkes ved valg af bil at tillægge det stor vægt, at en elbil ikke kan imødekomme kørselsbehovet i fx. 10–20 % af turene. Tilsvarende kan det tænkes, at en del også vil lægge vægt på, at muligheden for spontant at køre en længere tur, foreligger.

For bilister, der i det daglige eller ofte kører flere kilometer, end en elbil kan imødekomme, eller lægger meget vægt på at have muligheden for at køre længere, vil en plug-in hybridbil kunne imødekomme behovet, idet rækkevidden her ikke er en begrænsning.

For husstande med mere end 1 bil kan en "arbejdsdeling" mellem bilerne, hvor elbilen fravælges ved de længere ture, naturligvis betyde, at rækkevidden ikke udgør en hindring i forhold til at anskaffe en elbil.

Tilgængeligheden af lade faciliteter er en afgørende faktor for indfasningshastigheden for både el- og plug-in hybridbiler. På dette område er problemstillingen i forhold til plug-in hybridbiler også mindre, selv om det også her er vigtigt med en høj tilgængelighed for at rigtig at kunne drage nytte af, at plug-in hybridbilen kan køre på el.

Der er i redegørelsen anvendt en beregningsmodel, der anslår, hvor stor efterspørgslen på elbiler vil være alt efter tilgængeligheden til opladningsfaciliteter. Formålet er at vurdere, hvor mange elbiler der kan forventes at komme på det danske marked ved forskellige tempi af udbygning af infrastrukturen. Netop fordi plug-in hybridbiler ikke i samme grad er afhængige af tilgængelighed af opladningsfaciliteter, forventes disse at nå en væsentligt hurtigere indfasning end elbilen. Dermed kan plug-in hybridbilen også være medvirkende til at skabe grundlag for investeringerne i infrastruktur og dermed bidrage til at fremme rene elbiler.

Endelig er prisen af meget væsentlig betydning. På længere sigt skal el- og plug-in hybridbilen prismæssigt naturligvis kunne matche konventionelle biler for at sikre en holdbar udbredelse af bilerne. I dag ligger elbiler trods afgiftsfritagelse over prisen på en tilsvarende konventionel bil. Det er forventningen, at serieproducerede elbiler og plug-in hybridbiler på sigt bliver prismæssigt konkurrencedygtige. Der vil



derfor være behov for en strategi, som i markedsopbygningsfasen kan medvirke til at gøre el- og plug-in hybridbiler til et konkurrencedygtigt alternativ.

På godstransportområdet kan elteknologien også få stor betydning. På længere transport mellem byer eller lande vil potentialet formentlig være begrænset, men i forhold til den lokale distribution i byer vil mindre ellastbiler samt elvarebiler være et oplagt alternativ til konventionelle køretøjer.

Byerne står i dag overfor en række udfordringer med hensyn til udledning af CO<sub>2</sub>, partikler, trængsel og støj, mv. Her vil anvendelse af elteknologien være en mulighed for at imødegå udfordringerne. Ellastbiler og elvarebiler kan tænkes anvendt til distribution udenfor myldretiden fx meget tidligt om morgenen, idet de ikke forårsager støj. Derved bidrager de – udover at reducere støj – også til at reducere trængsel, ligesom der kan være en ikke uvæsentlig tidsbesparelse – og dermed økonomisk besparelse – for transportørerne ved at gennemføre kørslen udenfor myldretiden. Ved at benytte citygodsterminaler udenfor byerne, hvor godset bliver omlastet fra større konventionelle lastbiler til mindre ellastbiler, der varetager den bynære distribution, kan potentialet for anvendelsen af ellastbiler og elvarebiler blive større.

### Teknologisk status og udvikling

Elbiler findes ikke som serieproducerede biler på markedet i dag. Dette er med til at bidrage til, at de fortsat er så relativt meget dyrere. De elbiler, der findes, er enten ombyggede konventionelle biler eller små serieproduktioner. Der findes endnu ikke plug-in hybridbiler på markedet.

Der er imidlertid forventninger om, at en række producenter vil lancere flere modeller og serieproducerede biler i de kommende år, og at udbuddet særligt vil stige fra 2015 og frem<sup>1</sup>.

For begge typer biler gælder, at det er batteriteknologien, der er den største udfordring. En lang række producenter har iværksat massive udviklingsprojekter med henblik på at forbedre batteriteknologien. Målet er, at batterierne skal imødekomme markedets forventning, hvad angår både rækkevidde, sikkerhed og økonomi. Plug-in hybridbiler stiller lidt mindre krav til batteriteknologien, da batteriets rækkevidde som nævnt ikke er helt så væsentlig. Derfor er der forventning om, at disse biler, når de først er kommet på markedet, vil kunne introduceres i større målestok hurtigere end elbiler. Det vil dog sammenlignet med elbiler i hvert fald i starten generelt dreje sig om biler i den dyrere prisklasse, da plug-in hybridteknologien er noget mere kompliceret og dyrere end i rene elbiler.

Af batteriteknologier ser specielt litium-ion-teknologien lovende ud. Disse batterier er fortsat meget dyre og anses først at blive konkurrencedygtige i forbindelse med en større markedsudbredelse og dermed masseproduktion til dækning af de høje udviklingsomkostninger. Det Internationale Energiagentur har i den forbindelse givet udtryk for, at prisen på litium-ion-batterier skal halveres i forhold til, hvad de koster i dag, hvis elbilen skal være prismæssigt konkurrencedygtig i forhold til konventionelle biler.

Det er vigtigt, at der er en høj sikkerhed i relation til elbiler og plug-in hybridbiler i lighed med konventionelle biler. Benyttelse af batteriteknologien rejser nogle nye aspekter i forhold til sikkerhed pga. den høje energitæthed, der er i de batterier, der skal bruges.

I dag godkendes elbiler til det danske marked typisk efter et særligt sæt danske regler om konvertering fra konventionel bil til elbil. Der er også elbiler både i Danmark og i udlandet, som er godkendt efter EU-regler om typegodkendelse rettet mod små serier af elbiler og ombyggede elbiler. I forbindelse med en større udbredelse af teknologierne er der behov for udvikling af et internationalt regelsæt om sikkerhed for elbiler og plug-in hybridbiler. Ligeledes er der behov for, at markedet fastlægger en række standardiseringer i forhold til ladning, hvilket – udover brugerne – vil være i bilproducenternes og energiproducenternes/elsektorens interesse. Dette arbejde skal derfor gennemføres i samarbejde med bilindustrien, underleverandører og elsektoren.

### Miljø, klima og energiforsyning

Både elbiler og plug-in hybridbiler vil give miljø- og klimamæssige fordele i forhold til konventionelle biler. For begge teknologier gælder, at både klima- og miljøegenskaberne er betydeligt bedre sammenlignet med konventionelle diesel- og benzinbiler. Lades en elbil op på ren vindmøllestrøm, udledes ingen CO<sub>2</sub>, mens CO<sub>2</sub>-udledningen for en lille elbil typisk stiger til ca. 61 g/km ved brug af dansk gennemsnitsstrøm. Det tilsvarende tal er henholdsvis 40 og 99 g/km for en plug-in hybrid. Til sammenligning udleder en lille dieselbil 109 g/km og en lille benzinbil 119 g/km. Forholdet vil være det samme, når man sammenligner større elbiler og plug-in hybridbiler med tilsvarende konventionelle biler.

I det omfang elbilen og plug-in hybridbilen lades, hvor der er spidsbelastning på nettet, og hvor elpro-

1 International Energy Agency, IEA 2009

duktionen er fuldt afhængig af kulkraft, vil miljøfordelene blive mindsket. De vil dog fortsat være mindre CO<sub>2</sub>-udledende, da energieffektiviteten ved eldrift i stort set alle tilfælde vil være højere. Der skal dog naturligvis tages højde for, at konventionel køretøjsteknologi også løbende udvikles og bliver stadig mere energieffektiv.

De positive effekter er ikke kun i forhold til CO<sub>2</sub>-udledning. Elbiler og plug-in hybridbiler er væsentligt mere støjsvage end konventionelle biler ved lavere hastigheder. Ved højere hastigheder bliver andre forhold, såsom dækstøj dominerende, som naturligvis også forekommer ved elbiler og plug-in hybridbiler. Da det især er i byområder, der køres med lavere hastigheder, og hvor støjgener berører mange mennesker, vil el- og plug-in hybridbiler kunne være til stor gavn for at få reduceret støjgener fra trafikken. På den anden side kan det fremføres, at støjsvagheden kan vise sig at være et sikkerhedsmæssigt problem i trafikken. Et større erfaringsgrundlag med elbiler vil bidrage til at få afdækket denne problemstilling.

Kravene til luftforurening for konventionelle biler skærpes løbende gennem de såkaldte euronormer. Når Euro 5 er fuldt indfaset i 2011 vil der ikke være en markant forskel på partikeludledningen fra konventionelle biler, elbiler og plug-in hybridbiler. I forhold til NO<sub>x</sub> vil forskellen være marginal mellem elbilen / plug-in hybridbilen og benzinen, mens el- og plug-in hybridbilen vil være bedre end dieselbilen.

Elbiler og plug-in hybridbiler kan bidrage til at opnå en bedre forsyningssikkerhed og være medvirken- de til at nå målsætningen om på sigt at gøre Danmark uafhængig af fossile brændstoffer. Den aktuelle kapacitet i elnettet vurderes ikke at udgøre et problem i forhold til udbredelse af elbiler og plug-in hybridbiler – selv ikke i en situation, hvor de udgør en stor del af bilparken. Forudsætningen er dog, at opladningen sker intelligent, så det udnyttes, at der er perioder, hvor vi i dag ikke udnytter den producerede el fra vindmøller, fordi der ikke er tilstrækkelig efterspørgsel, eksempelvis i nattetimerne.

### **Elnettet – ladeforhold og elnettets belastning**

Spørgsmålet om samspillet med elnettet er naturligvis afgørende for, at elbiler og plug-in hybridbiler kan vinde indpas i stor skala, og så det kan ske på en hensigtsmæssig måde i forhold til elsystemet. Der er tre forskellige måder, elbiler kan lades på fra elnettet: Normalladning, hurtigladning og lynladning.

Normalladning, som populært sagt sker ved blot at putte stikket i stikkontakten, vil typisk tage fra fire til otte timer, afhængig af batterikapacitet og ladestand. Normalladning vil ofte medføre, at opladningen ikke udelukkende kan gennemføres i perioder, hvor der er overskydende strøm, da dette trods alt – selv i nattetimerne – er i forholdsvis begrænsede tidsperioder.

Hurtigladning vil være den mest fordelagtige måde at oplade på. Hurtigladning tager fra en halv til tre timer, igen afhængig af batteriets størrelse og ladestand. Denne form for ladning vil sikre, at opladning kan foretages intelligent, dvs. kan gennemføres i de perioder, hvor elnettet er mindst belastet. Hurtigladning i det offentlige rum vil forudsætte standardisering af elstikket.

Lynladning vil kunne gennemføres lige så hurtigt som at tanke en konventionel bil. Med den teknologi, der kendes i dag, er det imidlertid ikke muligt at lade et batteri til fuld kapacitet ved brug af lynladning. De sidste 10-20 pct. vil skulle foretages ved hurtigladning. Lynladning vil forudsætte udbygning af det eksisterende elnet til den enkelte lynladningsstation. Lynladning findes i dag kun som demonstrationsforsøg.

Endelig er der mulighed for batteriskifte. Det vil sige, at bilisten kører til en batteriskiftestation og udskifter det afladede batteri med et opladet batteri. Batteriskiftestationer forudsætter, at der er en lagerkapacitet af batterier, der imødekommer den daglige efterspørgsel. Hvis det skal gøres intelligent i nattetimerne, vil det forudsætte en større lagerkapacitet af batterier på skiftestationerne. Batteriskiftestationer baseret på lynladning vil forudsætte udbygning af elnettet, hvor stationerne er placeret. Batteriskiftestation findes i dag også alene på demonstrationsbasis.

Det skal nævnes, at der ikke i redegørelsen er foretaget beregninger af, hvad det vil koste at tilpasse og udbygge infrastrukturen.

Uagtet beregningerne over udbredelsestakten i elbiler afhænger udbredelsen af elbiler og plug-in hybridbiler naturligvis i sidste ende af, at producenterne rent faktisk lancerer bilerne i større omfang og i forskellige modeller, der imødekommer brugernes behov og på sigt til en pris, der er konkurrencedygtig.

I løbet af den næste femårige periode vurderes de fleste bilfabrikanter at have en eller flere elbil-modeller på markedet eller at have prototyper tæt på at kunne lanceres. For plug-in hybridbiler forventes en lancering fra bilproducenterne i større målestok at komme med nogle års forsinkelse i forhold til elbilene, således at de først lanceres i større udvalg af modeller fra 2015. Til gengæld forventes de som nævnt at vinde hurtigere frem, når de først er kommet på markedet, som følge af at der ikke er samme begræns-

ninger på rækkevidde og samme afhængig af opladningsfaciliteter. På den måde kan plug-in hybridbilen også være med til at bane vejen for den rene elbil, da forbrugerne får øget kendskab og erfaring med el-teknologien, hvilket kan være med til at gøre op med tidligere tiders opfattelse af elbiler.



A close-up photograph of a green plant stem with several small, pointed leaves. The leaves are a vibrant green color and have a slightly serrated edge. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural outdoor setting. The lighting is bright and even, highlighting the texture of the leaves.

## 2. INDLEDNING

## 2. INDLEDNING

---

### 2.1. Redegørelsens opbygning og fokuspunkter

Denne redegørelse omhandler elbiler og plug-in hybridbiler. Ved en elbil forstås i det følgende en bil drevet af en elmotor, der har et batteri, som kan oplades med strøm fra elnettet. Ved en plug-in hybridbil forstås en bil, der kombinerer benzin- eller dieselmotor med en elmotor, og hvor elmotorens batteri kan oplades med strøm fra elnettet. For begge biler gælder, at de har en lavere udledning af CO<sub>2</sub>, lavere udledning af sundhedsskadelige partikler og ved kørsel på elkraft har bilerne et lavere støjniveau.

Redegørelsen tager udgangspunkt i de tre hovedinteressenter – bilproducenter, eludbydere og brugere – i forhold til videreudvikling og indfasning af el- og plug-in hybridbiler. Indledningsvist vil markedet for de to køretøjstyper blive perspektiveret i forhold til bilernes historik og nuværende status.

Dernæst vil kapitel 3 indeholde en nærmere gennemgang af den teknologiske udvikling samt de udfordringer bilindustrien, og dermed samfundet, står over i forhold til indfasning af el- og plug-in hybridbiler. Der lægges i særlig grad vægt på gennemgang af batterier og status for udvikling af disse. Udfordringen i forhold til netop batterier i forbindelse med elkøretøjer er primært:

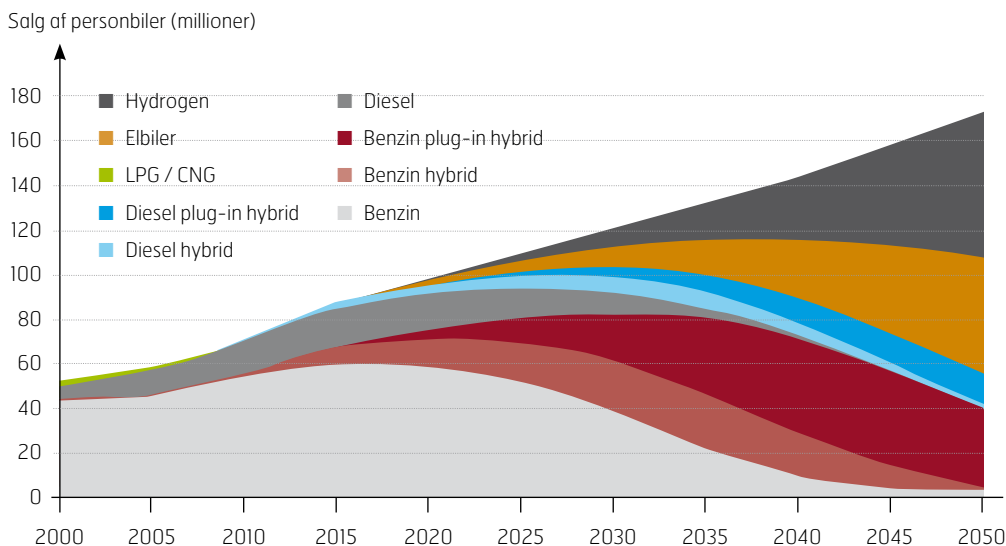
- høje omkostninger til batterier
- begrænset rækkevidde

Kapitlet vil desuden indeholde en vurdering af, hvilke tiltag politiske såvel som øvrige der kan medvirke til at fremskynde udvikling og markedsimplementering af el- og plug-in hybridbiler. Endelig vil de nye teknologiers miljømæssige forhold blive beskrevet.

Brugernes behov, forventninger, adfærd og ikke mindst holdning er af afgørende betydning for el- og plug-in hybridbilers fremtidige succes. Kapitel 4 vil indeholde en analyse af de aktuelle kørselsmønstre, samt hvilke parametre der i øvrigt gør sig gældende, når private såvel som virksomheder vælger og køber bil. Kapitlet vil desuden indbefatte en gennemgang af andre forhold, der er vigtige for at fremme elbiler, herunder bl.a. adgang til at få opladet bilerne. I den forbindelse vil sammenhængen mellem tilgængelig opladning og efterspørgslen på elbiler blive belyst.

Den tredje væsentlige interessant i forhold til el- og plug-in hybridbiler er elsektoren. Infrastrukturens opbygning, det vil sige udbredelse af opladningsmuligheder, strømforhold og ikke mindst opladningstyper, er en væsentlig faktor i forbindelse med elbiler. I kapitel 5 gennemgås den danske infrastruktur samt udbudsforholdene i elsektoren. Kapitlet vil desuden indeholde en gennemgang af de forskellige muligheder for opladning og batteriskifte samt elnettets muligheder for at imødekomme den forventede efterspørgsel efter opladning.

Af figur 2.1 ses, hvordan Det Internationale Energi Agentur, IEA, forventer at indfasningen af nye teknologier indenfor personbiler vil forløbe og tilsvarende hvornår det forventes at der kommer en udfasning af rene benzin- og dieselmotorbiler.



Figur 2.1 Forventet udvikling af forskellige køretøjsteknologier (personbiler) udarbejdet af IEA 2009

## 2.2. El- og plug-in hybridbiler – baggrund og teknik

### 2.2.1. Hvorfor el- og plug-in hybridbiler?

I de senere år er der opstået stor interesse for eldrift til biler, primært for at reducere transportsektorens energiforbrug og nedsætte vejtransportens udledning af drivhusgasser – især CO<sub>2</sub>. Elbiler, inkl. bilens strøm-forsyning fra nettet, og plug-in hybridbiler er – på trods af en øget vægt som følge af batterierne – mere energieffektive end konventionelle biler. Dette vil i sig selv kunne reducere energiforbruget og dermed CO<sub>2</sub>-udledningen. Således kan det høje mobilitetsniveau opretholdes, men med en reduceret miljøbelastning. Transportsektoren står i dag for ca. 20 % af den danske CO<sub>2</sub>-udledning. Ved indfasning af el- og plug-in hybridbiler vil denne andel kunne reduceres væsentligt. El- og plug-in hybridbiler indgår derfor i regeringens klimastrategi for at reducere udledningen af drivhusgasser med minimum 20 % inden 2020.

En anden årsag til interessen for elbiler og plug-in hybridbiler er, at deres store batterikapacitet kan udnyttes som lager for vindmøllestrøm i perioder, hvor elforbruget er lavt fx om natten, og afsætningen af vindmøllestrømmen derfor er begrænset. Den fortsatte udbygning af vindmøller vil yderligere aktualisere denne fordel. Denne form for ladning kaldes intelligent ladning. Intelligent ladning kan forekomme, hvor bilen alene oplades intelligent om natten, hvor der er ofte er en overproduktion af el. På lang sigt kan intelligent ladning gøres mere avanceret ved, at elskaberne køber batteriernes reststrøm, når bilen tilsluttes elnettet. Senere kan elværket sælge strøm til opladning, når elforbruget er lavt. På den måde kan elproduktion fra fx kulfyrede kraftværker reduceres til fordel for anvendelse af vindmøllestrøm. På lang sigt forventes der at være et økonomisk potentiale for både elværker og forbrugere i at kunne handle strøm på denne måde.

Elkøretøjer er meget støjsvage, især ved lav hastighed, hvor dækstøjen også er lille. Dette er af betydning i bymiljøet, og distribution og indsamling af skrald kan fx foretages uden gener tidligt om morgenen i beboelseskvarterer. Endelig giver brug af elbiler mulighed for at fjerne lokalforurening med partikler og sundhedsskadelige gasser, som fx NO<sub>x</sub>, VOC og CO fra bymiljøet.

En yderligere fordel ved anvendelse af elbiler er forsyningssikkerheden, da elbilen ikke anvender olie eller gas, men kører på elektricitet, der produceres fra varierende energikilder, herunder vedvarende energi.

### 2.2.2. Typer af elbiler

Betegnelsen *elbiler* dækker over en bil, der har en elmotor, vekselstrøm med transmission dvs et gear samt differentiale, et højspændingsbatteri, typisk 48 – 700 Volt jævnspænding og en omformer, der omsætter batteriets jævnstrøm til vekselstrøm for elmotoren og en kontrolenhed, der regulerer effekten. Som regel findes også en lader til opladning fra almindelig stikkontakt, der omformer nettets vekselspænding til jævn-

spænding og regulerer spændingen for opladning af batteriet. Endelig findes forskellige hjælpeaggregater, der drives af et selvstændigt konventionelt 12 Volt blysyrebatteri. Det drejer sig om vakuumpumpe til bremsekraftforstærker, pumpe til elmotorens køleaggregat, kabinevarme/ventilation/aircondition, visker/sprinkler, eventuel servostyring og endelig lygteføring, lygter til signalgivning og horn.

Det er fra et bilteknisk og markeds-mæssigt synspunkt praktisk at skelne mellem følgende typer elbiler:

- **Små elkøretøjer** er nærtrafik køretøjer, der typisk har lav komfort og plads til 2-4 personer. Motorkraft, topfart og rækkevidde er begrænset, og køretøjerne er ikke godkendte efter reglerne for personbiler. I stedet godkendes de efter EU-regler for firehjulede motorcykler, hvor der stilles lempelige krav til blandt andet sikkerhed. Flere af køretøjerne i klassen er udviklet som elkøretøjer fra starten, og sikkerhedsniveauet er i mange tilfælde lavt uden eller med få airbags og uden dokumentation for kollisionssikkerhed. Køretøjerne produceres især i 3. verdenslande som fx Kina og Indien.
- **Kompakte elbiler** er konstrueret fra starten til eldrift og vil blive masseproduceret. Bilerne kan opfylde et reelt regionalt transportbehov i og omkring byer inden for deres rækkevidde, der typisk er 100-150 km. Bilerne vil have europæisk bil-typegodkendelse, airbags og bestået kollisionstest. For denne kategori forventes også at ske et gennembrud med vækst i markedet om et par år og frem, da etablerede bilfabrikker står bag udviklingen. Pt. mangler man fortsat produktmodning og sikkerhedstests af batteripakkerne.
- **Familieelbiler** er baseret på en konventionel bilmodel med normal typegodkendelse. Elversionen er tungere end versionen med forbrændingsmotor på grund af batteriet og har i dag et rimeligt sikkerhedsniveau uden dog at være kollisionstestet med elmotor. Bilerne har lav til middel motorkraft. Bilerne er typisk ombygget til eldrift fra den oprindelige model og produceres i lavt stykantal. Bilerne kan godkendes i Danmark af Trafikstyrelsen, eller de kan få europæisk typegodkendelse for biler produceret i små serier.
- **Elektriske sportsvogne** eller luksuspregede biler med god acceleration, høj hastighed og for elbiler relativt lang rækkevidde.
- **Ellastbiler, -varebiler og -busser**. Lastbilerne og busserne er fortrinsvis i den lette klasse. Bilerne kan være konstrueret fra starten til eldrift og produceres i større antal. De kan også være opbygget på eksisterende konventionelle lastbil/bus chassiser eller ombygget fra konventionelle varebiler og produceres i mindre antal. Bilerne har moderat motorkraft og begrænset hastighed og rækkevidde.

### 2.2.3. Plug-in hybridbiler

Hybridbiler er biler, der kombinerer forskellige teknologier til deres fremdrift. I almindelighed og i denne redegørelse forstås der ved en hybridbil en bil med en kombination af en forbrændingsmotor og en batteridrevet elmotor. Der skelnes mellem:

- Ikke opladelige hybridbiler, hvor bilens batteri oplades ved hjælp af forbrændingsmotoren i bilen via en generator samt ved regenerativ bremsning
- Plug-in hybridbiler, hvor bilens batteri desuden oplades med strøm fra elnettet

Denne redegørelse fokuserer på plug-in hybridbilerne. Ikke opladelige hybridbiler vil kort blive forklaret. Forskellen på de to typer ligger i metoden for opladning.

#### Fordelene ved hybridteknologi for begge typer er:

- Når en bil bremses, går der energi tabt. En del af energitabet fra opbremsning eller motorbremsning kan opsamles ved den bremsning generatoren giver under opladning af batteriet.
- At elmotoren kan assistere ved acceleration og ved kørsel op ad stejle stigninger. Det betyder, at forbrændingsmotoren kan være mindre og mere økonomisk end i en konventionel bil af samme størrelse.
- Lokal forurening og støj kan begrænses i byerne, da motoren er mindre, og da accelerationer vil foregå med en kombination af el- og forbrændingsmotor. Dog bliver den relative effekt af begrænsningerne af forurening mindre efterhånden, som de konventionelle biler bliver renere – specielt med den fremtidige Euro 6 (2015).



I ikke opladelige hybridbiler lades batteriet kun op ved hjælp af forbrændingsmotoren i bilen via en generator samt ved regenerativ bremsning. Sådanne hybridbiler findes på markedet i dag, fx Toyota Prius og Honda Insight. Der benyttes benzinmotor, da bilerne især markedsføres i lande, hvor diesel ikke er udbredt fx i Japan og USA. Batteri og elmotor i disse biler er dimensioneret til at forbedre brændstoføkonomien ved at assistere forbrændingsmotoren og vil ikke give mulighed for nævneværdig kørsel med elektrisk drift alene. Derfor er batteriet af en type, der kan optage og afgive stor effekt på kort tid, men som ikke behøver en stor kapacitet.

Plug-in hybridbilerne har desuden de samme fordele som elbiler, og som blev omtalt i afsnit 2.2.1.

## 2.2.4. Batterier

Batteriet er afgørende for elbiler og plug-in hybridbilers fremtidige succes. Der er flere lovende teknologier undervejs, og litium-ion-teknologien kommer til at spille en central rolle fremover.

Bilerne har i dag en rækkevidde på mellem 120 kilometer og 180 kilometer for elbiler, og for hybridbiler er rækkevidden, når bilen kører på ren batteridrift ca. 50 kilometer.

Eldrift i biler har længe været kendt. Allerede da automobilen blev lanceret for ca. 100 år siden var eldrift også en af de løsninger, man arbejdede med. Dengang havde man ikke store krav til mobilitet og rækkevidde, men i takt med at behovet herfor var stigende blev elbilen atter udfaset.

Tidligere har man kun anvendt *blysyrebatterier*, der med høj vægt, kort rækkevidde og kort levetid gjorde elbilens markedsintroduktion til en begrænset succes.

**Nikkel-kadmiumbatterier** har en væsentlig højere kapacitet end blysyre batterier, og i 1990'erne troede man denne teknologi kunne bære elbilerne videre som velfungerende elektriske biler med konkurrencedygtig komfort. Eksempelvis fik en eludgave af Citroen Berlingo en vis udbredelse herhjemme. Batterierne var imidlertid dyre og havde forskellige tekniske problemer. Væsentligst var dog, at kadmium er et giftigt og miljøskadeligt tungmetal, der blev forbudt at anvende. Senere kom *nikkel-metalhydrid* batteriet, der grundet høj pris i forhold til vægt og rækkevidde ikke har slået igennem til elbilen, men har været en succes i den ikke opladelige hybridbil.

**Litium-ionbatteriteknologien** forventes at komme til at spille en afgørende rolle fremover. Det skyldes, at materialet dels ikke er et tungmetal og dels er forholdsvis let tilgængeligt og billigt. Litium-ion batterier anvendes bl.a. i PDA'er, bærbare computere, GPS'er og håndværktøj. På verdensplan produceres dagligt omkring 3 millioner litium-ion celler af typen "18650", som anvendes primært i bærbare computere<sup>2</sup>. Der kan nu leveres større battericeller, der kan bygges sammen i batteripakker med høj spænding og stor kapacitet. Litium-ion batteriproducenterne er økonomisk velfunderede og har derfor mulighed for og incitament til videreudvikling af teknologien. Den store konkurrence blandt producenterne øger indsatsen i forhold til at kunne levere et produkt, der opfylder kravene til sikkerhed, energitæthed og levetid i forhold til el- og plug-in hybridbiler.

**Litium-ion-koboltbatterier** anvendes i mange af de elbiler, der er kommet på markedet, da det har en høj energitæthed og kendes fra elektronikprodukter. Det har dog risiko for at kunne bryde i brand eller eksplodere i tilfælde af alvorlige uheld med bilerne eller svigt i batteristyringen.

**Litium-ion-jernfosfatbatterier** tegner i øjeblikket lovende til anvendelse i elbiler og plug-in hybridbiler grundet høj sikkerhed, men energitætheden er ikke så høj som for litium-ion-kobolt batteriet.

De nye teknologier især litium-ionbatteriet er dyre. Det skyldes bl.a. høje omkostninger forbundet med sammenkoblingen af battericeller i en batteripakke, produktudvikling, kølesystem, batteristyring samt afprøvning og dokumentation af sikkerheden. Prisen for nikkel-metalhydrid og litium-ion battericeller er 2-3 gange højere end for blysyrebatteriet målt i forhold til kapacitet. Således anslår IEA<sup>3</sup>, at prisen for lithium-ion batterier vil være kr. 2750-4400 per kWh, men vurderer samtidig, at prisen skal reduceres til kr. 1650-2200 per kWh i 2020, hvis teknologien skal være konkurrencedygtig. Gennemtestede og serieproducerede litium-ionbatteripakker er endnu ikke kommercielt tilgængelige.

Internationalt forskes der en del i andre materialeteknologier end her nævnt, bl.a. anode- og katedematerialer. Arbejdet er centreret om at forøge batteriers energitæthed/effektæthed samt at øge sikkerheden i forbindelse med fejlsituationer.

Kapitel 3.2. indeholder en dybere teknologisk gennemgang af batterityper, udviklingsstadiet og ikke mindst potentiale.

<sup>2</sup> Som et eksempel kan nævnes amerikanske Tesla elsportsvogn, hvor batteripakken udgøres af omkring 6000 celler af typen 18650. Da cellen produceres i store mængder er prisen konkurrencedygtig. Ulempen ved denne løsning er, at denne type batterier er optimeret til cirka 300-500 opladninger

<sup>3</sup> Technology Roadmaps – Electric and plug-in hybrid electric vehicles (2009)

## 2.3. Historik og status for el- og plug-in hybridbiler

### 2.3.1. Den historiske udvikling

Eldrift med batterier til biler har været med fra starten af automobilets udvikling. Allerede i 1890'erne var der batteridrevne elbiler på markedet, som hurtigt fik en betydelig markedsandel. Eldrift med batterier var dominerende i slutningen af 1800-tallet og begyndelsen af 1900-tallet. Eldriftens ulemper såsom begrænset rækkevidde, lav hastighed og den lange opladningstid havde ikke den store betydning dengang, hvor trafikken var minimal og mobiliteten lav.

Behovet for større mobilitet gjorde, at vejnettet langsomt blev udbygget, og bilproducenterne begyndte at masseproducere biler med forbrændingsmotorer, hvilket fortrængte datidens elbiler fra markedet, og produktionen af elbiler ophørte langsomt i 1920'erne for helt at stoppe i 1938.

I nyere tid har der været flere tiltag til at igangsætte produktion og salg af elbiler igen. I udlandet har projekterne i nogen grad været initieret på baggrund af lovkrav. Således forsøgte Californien i 1990'erne at gennemføre en lovgivning, der foreskrev, at 2 % af alle nye personbiler skulle være ZEV-biler, dvs. Zero Emission Vehicle. General Motor og Toyota udviklede i den forbindelse batteridrevne modeller, men da lovgivningen ikke blev gennemført, udgik modellerne igen fra producenternes sortiment.

Først i 80'erne blev der i Danmark taget flere initiativer til opstart af elbilsproduktion – mest kendt er "Ellerteren". Det medførte, at man fra politisk side tog skridt til at skabe gunstige rammevilkår til udviklingen ved at afgiftsfritage elbiler. I Danmark har elbiler således været afgiftsfritaget siden 1983.

I perioden 1992-1995 forsøgte den tyske bilindustri med støtte fra den tyske stat at udvikle i alt 60 bat-teridrevne køretøjer leveret af BMW, Opel, Mercedes-Benz og VW. Markedsmæssigt slog modellerne ikke igennem. I 1995 udviklede VW og Mercedes-Benz deres fælles selskab for udvikling af batteriteknologi.

Toyota har siden 1997 produceret en hybridmodel Prius, der er en benzin-elektrisk hybridbil uden mulighed for ekstern opladning. Toyota har givet udtryk for, at denne model i nær fremtid vil blive lanceret som plug-in hybrid.

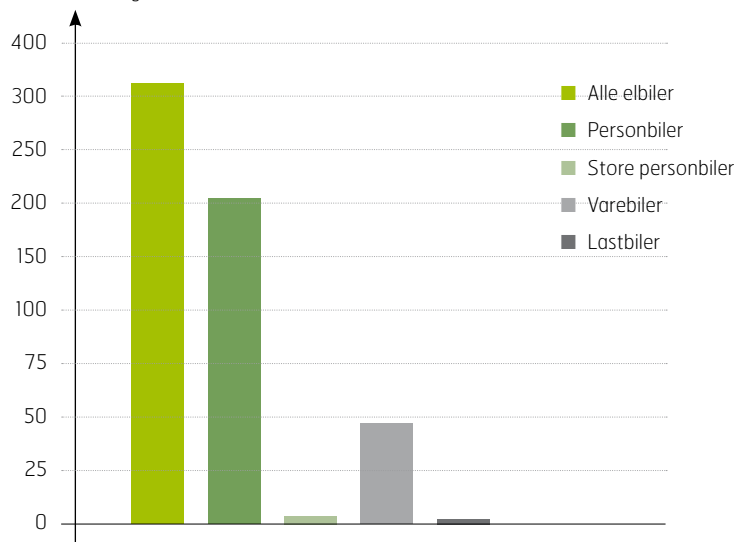
Siden slutningen af 1990'erne har enkelte producenter haft elbiler i sortimentet. Fx har Peugeot/Citroën haft elektriske versioner af Peugeot 104 og Citroën Berlingo. Modellerne har ikke været markedsført i alle lande.

Honda introducerede i 2009 Insight-modellen, der er en benzin-elektrisk hybrid uden mulighed for ekstern opladning af batteriet.

Desuden er der flere mindre fabrikanter af elkøretøjer og adskillige virksomheder, der ombygger brændstofdrevne biler til eldrift.

Flere og flere bilfabrikker udvikler el- og plug-in hybridbiler, som forventes markedsført i de kommende år. Der er igangsat en række pilotprojekter med batteridrevne elbiler i flere storbyer, fx London, Berlin og München, hvor man vil samle erfaringer med bilerne, batterierne, ladesystemerne samt brugernes erfaringer og tilfredshedsgrad med elbiler.

Antal elbiler registreret marts 2010



Figur 2.2 Antal registrerede elbiler i Danmark (Central Registeret for Motorkøretøjer) marts 2010

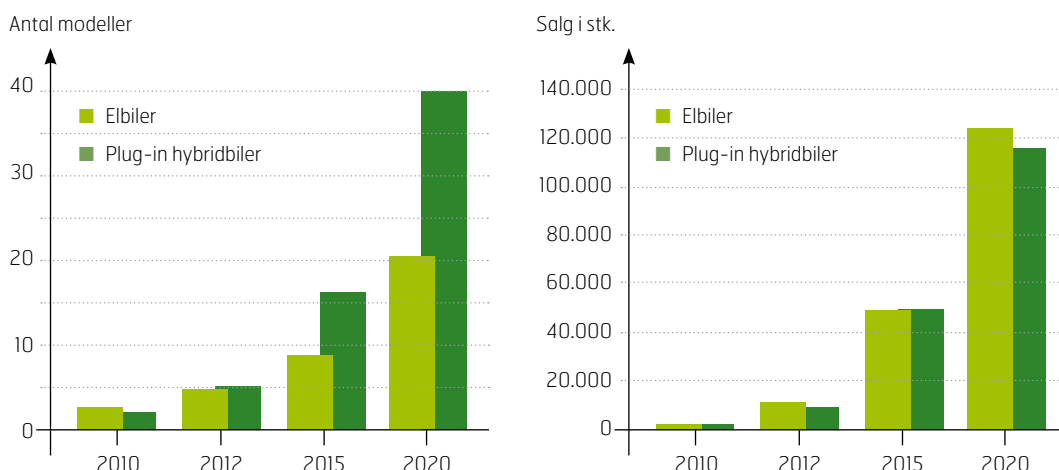
### 2.3.2. Status for elektriske køretøjer

Ved udgangen af marts 2010 var der ca. 320 indregistrerede elbiler i Danmark.

En række kommuner og virksomheder har bestilt elbiler til levering i de kommende måneder, mens også COP15 har givet anledning til en vis efterspørgsel. Således har Københavns Kommune i dag ca. 25 elbiler, Frederiksberg Kommune har i alt 23 elbiler og er den kommune, der har mest erfaring på området, da kommunen købte de første biler for ca. 6 år siden. Men også mindre kommuner som Ærø, Fredericia og Gentofte forsøger for tiden elbiler som et led i kommunernes arbejde med CO<sub>2</sub>-reduktion.

De kompakte elbiler, der er synlige i gadebilledet i dag, er primært ombyggede konventionelle biler, som ofte bygges i små serier, dvs. under 1000 stk. per år og måske under 100.

Generelt gælder, at der for nuværende ikke masseproduceres kompakte elbiler eller familieelbiler. En række af de større bilproducenter har udviklingsprojekter i gang, og det forventes, at der vil ske en relativ langsom indfasning af nye masseproducerede modeller i årene 2010 til 2015, og herefter vil indfasningen tage til i styrke og omfang<sup>4</sup>.



Figur 2.3 Den forventede globale udvikling i lancering og salg af nye modeller inden for el- og plug-in hybridbiler (IEA 2009)

## 2.4. Initiativer til fremme af elbiler

Et vigtigt element i indfasningen af både plug-in hybridbilen og elbilen er bilernes pris og evnen til at konkurrere på pris. Elbiler til persontransport har været afgiftsfritaget siden 1983, og i Energiaftalen fra 2008 er det aftalt, at elbiler er fuldt afgiftsfritaget frem til 2012. Med regeringsprogrammet fra februar 2010 er det besluttet at forlænge afgiftsfritagelsen til 2015. Initiativet til afgiftsfritagelse blev gennemført for at øge fokus på udvikling og indfasning af denne type køretøj.

Elbiler har desuden været begunstiget af reserverede P-pladser med gratis/billig opladning, og er det fortsat i enkelte byer.

Elbiler er omfattet af forskellige forsøgsordninger, der kan bidrage til at vise vejen til en mere udbredt anvendelse af elbiler. I Center for Grøn Transport i Trafikstyrelsen er der afsat 200 mio. kr. til forsøgsprojekter til afprøvning af mere energieffektive transportløsninger i perioden 2010-2013. I disse forsøgsprojekter kan indgå el- og hybrid personbiler, busser og lastbiler. I Energistyrelsen blev der i 2009 etableret en forsøgsordning for elbiler, der skal være med til at fremme introduktionen af elbiler og opsamle erfaringer.

Center for Grøn Transport administrerer en pulje på 200 millioner kroner til forsøg med energieffektive køretøjer. Penge der er afsat i transportaftalen "En grøn Transportpolitik". Disse midler kan blandt andet støtte demonstrationsprojekter indenfor elbilskøretøjer.

I udlandet har man fra officiel side iværksat en række initiativer til fremme af elbiler. Således har Norge fritaget elbiler fra registreringsafgift, mens en række andre europæiske lande som fx Frankrig, Spanien og England giver direkte statsstøtte til køb af elektriske køretøjer.

Tiltag som lavere forsikringspræmie, fri parkering og hel eller delvis fritagelse af ejerafgift er andre instrumenter, der benyttes i udlandet til fremme af implementering af elbiler.

## 2.5. Nøgleinteressenter på markedet for elkøretøjer

Markedet for elkøretøjer er nyt og under udvikling. Udviklingen drives dels af traditionelle interessenter, som primært omfatter brugere og bilproducenter, men også – som en "ny" interessant i forhold til biler – elsektoren. For at sikre en succesfuld udvikling for alle parter, vil det være nødvendigt at skabe de optimale rammebetingelser i lyset af de fremtidige udfordringer, de tre interessenter står over for.

Bilproducenterne står overfor en udviklingsopgave i forhold til at skabe et produkt, der på alle områder møder kundernes behov og forventninger. Den moderne personbil skaber i dag rammerne for fleksibilitet og frihed og dermed stor mobilitet. Brugerne får med den konventionelle bil en teknologi, der på alle måder er optimeret, kræver minimal vedligeholdelse og samtidig bliver mere og mere energieffektiv og dermed mindre miljøbelastende. I Danmark er en bil en stor investering i privatøkonomisk sammenhæng. Det medfører, at mindre besparelser på driftsomkostninger ofte "forsvinder" i bevidstheden, da engangsinvestering og dermed afskrivninger er det, der har mest fokus hos bilkøberen. Det betyder, at en ny generation af elkøretøjer skal være mindst på højde med, om ikke bedre, end den konventionelle bil, hvis brugeren af egen vilje skal skifte til nye teknologier.

Heri ligger blandt andet en udfordring, hvad angår rækkevidde og brændstoffets tilgængelighed. En konventionel bil kører minimum 500 kilometer på en tank brændstof, og herefter tager det under 10 minutter at tanke på en tank, der populært sagt "ligger lige rundt om hjørnet". Det betyder, at elsektoren og bilproducenterne i samarbejde skal levere en løsning, der på rimelig vis kan imødekomme brugernes forventninger på dette punkt. Imidlertid er der ikke nogen teknologisk løsning, der til fulde kan matche den konventionelle bil. Derfor er det nødvendigt at arbejde med både holdnings- og adfærdændring hos slutbrugere, således at der forekommer en afstemning af brugernes forventning og teknologiens formåen samt naturligvis en løbende forbedring af teknologien.

## 2.6. Fremtidens udfordringer


Der er i dag mange synspunkter om infrastruktur, herunder behov for opladningsmuligheder og elkøretøjers teknologiske formåen samt miljøpåvirkningen som følge af en større udbredelse af elkøretøjer. Der er i medier og i den politiske debat, megen fokus på de største udfordringer interessenterne står over for. Disse kan kort opremses i følgende ikke udtømmende punkter:

- Behovet for infrastruktur til at imødekomme efterspørgslen for opladning
- Den nødvendige kapacitet på elnettet
- Behovet for intelligent ladning ud fra et miljømæssigt perspektiv
- Sikkerhed og komfort i bilen
- Behovet for standarder og reguleringer af opladningsteknologi
- Batteriets kapacitet og dermed bilens rækkevidde
- Samfunds- og privatøkonomiske betragtninger
- Brugernes viden, holdning, adfærd og forventning

Endelig skal der i fremtiden i forbindelse med planlægning af veje tages højde for nye behov i form af lademuligheder både på lange vejstrækninger og i særdeleshed i forbindelse med udformning af parkeringsområder i byer, ved indkøbscentre og andre steder, hvor mange biler samles i et længere tidsrum.

De efterfølgende kapitler vil perspektivere de enkelte punkter i forhold til, hvad status er i dag, i hvilken retning udviklingen går og ikke mindst inden for hvilke rammer, det vil være muligt at påvirke udviklingen i positiv retning med henblik på at opnå en hurtigere indfasning i Danmark end stipuleret i figur 2.1.





### 3. TEKNOLOGISKE EGENSKABER FOR EL- OG PLUG-IN HYBRIDBILER

# 3. TEKNOLOGISKE EGENSKABER FOR EL- OG PLUG-IN HYBRIDBILER

---

Dette kapitel vil gennemgå den nuværende markedsstruktur med fokus på nuværende og kommende bilmodeller. Herefter vil de køretekniske egenskaber samt sikkerhed og behovet for regelsæt blive belyst. Kapitlet vil blive rundet af med en gennemgang af elkøretøjernes miljømæssige forhold.

## 3.1. Markedet for el- og plug-in hybridbiler

Lige nu arbejder en lang række af de veletablerede bilproducenter på at udvikle de rette modeller af masseproducerede el- og plug-in hybridbiler.

I det følgende er vist en nogle eksempler, der giver et øjebliksbillede som det så ud omkring årsskiftet 2009/10. Der melder sig jævnligt nye aktører, og eksemplerne er derfor **ikke** udtømmende. Foruden eksemplerne kan det nævnes, at BMW, herunder Mini; Ford; Daimler, herunder Mercedes-Benz og Smart; Nissan og VW/Porsche har aktuelle planer om introduktion af elbiler og plug-in hybridbiler. Aktører i Kina og Indien, fx BYD og Tata, forventes yderligere indenfor få år at introducere elbiler i kompakt klassen og familieklassen.

### 3.1.1. Elbiler på markedet

Udbuddet af elkøretøjer er stadig stærkt begrænset, men der er mange projekter undervejs. I takt med udbygning af den nødvendige infrastruktur i form af lademuligheder og batteriskiftestationer vil flere fabrikker introducere elbiler, både person- og varebiler, der efterhånden får længere rækkevidde<sup>5</sup>.

De elbiler, der vil være tilgængelige på det danske marked i 2010 og de kommende år, opdeles i praksis efter deres anvendelsesområde. De oplyste priser er estimerede og uden registreringsafgift, da elbiler er fritaget for denne. Priserne viser, at elbiler på nuværende tidspunkt ikke prismæssigt kan konkurrere med de konventionelle biler til trods for den gældende afgiftsfritagelse.

I det følgende er en gennemgang af eksempler på elbiler opdelt i de overordnede grupperinger af elbiler, der generelt opereres med.



### Små elkøretøjer

Små elkøretøjer er køretøjer, der i EU kan godkendes som 4-hjulede motorcykler. Prisen på nogle af disse små køretøjer er lav, men det skyldes bl.a. forældet batteriteknologi, og at de er undtaget fra de normale krav om kollisionstest. Man vil se en vækst af disse køretøjer primært i 3. verdenslande, hvor de kan medvirke til at begrænse forureningen i byerne. Indien og Kina har fx allerede nu en relativ stor produktion af disse køretøjer. Det er ikke i forhold til alle eksemplerne muligt at oplyse alle relevante data såsom forventet pris, motorstørrelse mm.



### Eksempler

#### MEGA CITY

Fransk køretøj til højst fire personer, oprindeligt med forbrændingsmotor. Elektrisk version bygges i England. Er godkendt som firehjulet motorcykel og som følge heraf ingen krav om test af kollisionssikkerhed.

**Motor** Ikke oplyst

**Batteri** Blybatteri

**Rækkevidde** 80 km

**Topfart** 65 km/h

**Pris** Forventeligt ca. 135.000 kr. inkl. blysyrebatteri

#### REVA

Indisk produceret elkøretøj til to personer plus et lille bagsæde, fortrinsvis til børn.

**Motor** 12 kW

**Batteri** Enten 48 V blybatteri eller 51 V litium-ion-batteri. Kapacitet ikke oplyst.

**Rækkevidde** Blybatteri: 40-80 km. Litium-ion-batteri: 100-120 km

**Topfart** 75-80 km/h

**Pris med blysyre batteri** Standard- / luksusversion 100.000 / 118.000 kr.

**Pris med Li-ion batteri** Standard- / luksusversion 165.500 / 181.000 kr.

#### BUDDY

Norsk produceret to til tre personers elkøretøj, videreudvikling af den danske Kewet EI-Jet fra 1990'erne.

**Motor** 13 kW

**Batteri** 13 kWh blybatteri eller 14,4 kWh Ni-Mh-batteri

**Rækkevidde** 80 (blybatteri) - 120 km (Ni-Mh-batteri)

**Topfart** 80 km/h

**Pris med blysyre batteri** 149.900-164.900 kr. alt efter udstyrsvariant. Pris med Ni-MH-batteri ikke oplyst.

## Kompakte elbiler

En kompakt elbil er en bil i den lille klasse svarende til fx Citroen C1, Smart og VW Polo. Bilerne er endnu ret dyre, men lever op til europæisk sikkerhedsstandard. Der ventes at ske en stor vækst fra ca. 2011 og frem for denne kategori, da etablerede bilfabrikker står bag. Fx er Mini og Smart på vej i elversioner af deres modeller. Ligeledes findes Fiat 500 som prototype og forventes sat i produktion inden for kort tid.



### Eksempler

#### THINK

Norsk produceret elbil, to personer. Godkendt som bil, opfylder alle sikkerhedskrav.

**Motor** 30 kW

**Batteri** Enten 28,3 kWh Salt-nikkel-natriumbatteri (skal konstant holdes på en temperatur på 260-360 grader) eller 20 kWh litium-ion batteri.

**Rækkevidde** Salt-nikkel batteri: 180 km. Litium-ion-batteri: Ikke opgivet.

**Topfart** 100 km/h

**Pris** ca. DKK 260.000 inkl. Salt-nikkelbatteri

#### MITSUBISHI IMIEV

En eldrevet version af Mitsubishi "i"-modellen med forbrændingsmotor, som ikke markedsføres i Danmark. Den eldrevne version vil iflg. den danske importør blive markedsført i Danmark i slutningen af 2010. Mitsubishi har indgået aftale med Peugeot-Citroën-koncernen om, at bilen også skal leveres med Peugeot- eller Citroën-mærke i Europa.

**Motor** 47 kW

**Batteri** 16 kWh litium-ion

**Rækkevidde** 144 km

**Topfart** 130 km/h

**Pris** Foreligger endnu ikke

#### CITROËN C1

Ombygget version af Citroëns mindste model. Bilen formidles kun via leasing hos selskabet ChoosEV, der er etableret som samarbejde mellem biludlejningsfirmaet Sixt og elselskaberne Sydenergi og SEAS/NVE. ChoosEV leaser bilerne ud til interesserede brugere.

**Motor** 30 kW

**Batteri** 14 kWh litium-ion

**Rækkevidde** 80-100 km

**Topfart** 100 km/h

**Pris** Køb af bil: ca. kr. 232.000

#### RENAULT Z.E. ZOE

Renault har præsenteret fire "concept cars" med batteridrift, heraf én i klassen kompakte elbiler. Fabrikken angiver, at bilerne vil være på det danske marked i foråret 2012. Renault er samarbejdspartner med Better Place.

**Motor** 70 kW

**Batteri** 20 kWh litium-ion

**Rækkevidde** 160 km

**Topfart** 130 km/h

**Pris** Foreligger endnu ikke

## Familieelbiler

Udtrykket familieelbiler anvendes om elkøretøjer i mellemklassen svarende til fx VW Passat og Peugeot 407. Bilerne er på nuværende tidspunkt produceret i små serier baseret på konventionelle bilmodeller, og de har et rimeligt sikkerhedsniveau uden dog at være sikkerhedstestet efter ombygning til elbil. Der ventes en vis vækst i de nærmeste år for denne kategori og senere vil masseproducerede elbiler formentlig overtage markedet.



### Eksempler:

**FIAT: Qubo / Fiorino / Doblo / Daily** -ombygget af Micro-Vett, Italien, dansk import: Elbil Danmark A/S  
Det danske firma Elbil Danmark A/S tilbyder en række Fiat-modeller, der er ombygget til batteridrift af det italienske firma Micro-Vett. Der er tale om både personbiler og varebiler. Micro-Vetts ombygninger er godkendt af Fiat-fabrikken.

**Eksempel på specifikationer** Fiat Qubo (lille MPV).

**Motor** 30 kW - 15 kW kontinuerligt

**Batteri** 22 eller 31 kWh litium-ion

**Rækkevidde** 100 km- 145 km med 31 kWh batteri

**Topfart** 110 km/t

**Pris** Ca. Kr. 436.000

### RENAULT Z.E. FLUENCE

"Fluence" er Renaults bud på en familiebil, der forventes at være på det danske marked i løbet af 2012. Bilen forventes forberedt for batteriskifte i samarbejde med Better Place.

**Motor** 70 kW

**Batteri** 20 kWh litium-ion

**Rækkevidde** 160 km

**Topfart** 130 km/h

**Pris** Foreligger endnu ikke

## Elektriske sportsvogne og luksusprægede biler

Betegnelsen siger sig selv og vedrører således elkøretøjer i luksusklassen. Priserne og den begrænsede funktionalitet vil formentlig hindre en nævneværdig udbredelse af disse biler.



### Eksempler:

#### TESLA

2-personers sportsvogn, baseret på Lotus Elise sportsvognen.

**Motor** 189 kW

**Batteri** 53 kWh litium-ion batteri bestående af 6831 celler af samme type som i bærbare computere

**Rækkevidde** 390 km

**Pris i Europa, inkl. batterier** 830.000 kr. inkl. dansk moms

#### LYNX

Danskudviklet el-sportsvogn baseret på Opel Speedster, som har samme chassis som Lotus Elise. Lynx chassiset er dermed tæt beslægtet med Tesla el-sportsvognens, men det elektriske drivsystem er markant anderledes.

**Motor** 2 x 330 = 660 kW

**Batteri** 16 kWh eller 32 kWh litium-ion

**Rækkevidde** 150-300 km, afhængig af batteristørrelse

**Pris** Kr. 632.000 - 855.000 afhængig af størrelsen på batteriet

## El-lastbiler, -busser og -varebiler

Af ellastbiler, busser og varebiler, der allerede eksisterer på markedet og som forventes at udbredes i de kommende år, kan nævnes følgende:



### MEGACITY MULTITRUCK

En lille franskproduceret varebil, totalvægt 1120 kg, der fås med enten dieselmotor eller elmotor. Er godkendt som 4-hjulet motorcykel. El-versionen har meget beskedne præstationer, topfart 45 km/h.

**Motor** 4 kW

**Batteri** Ikke oplyst, antageligt blysyre

**Rækkevidde** 80 km

**Pris, chassis uden opbygning** 112.000-123.000 kr. ekskl. moms alt efter batteristørrelse

### MODEC

En engelsk lastbil, totalvægt 5,5 tons, lasteevne 2,5 tons, der importeres til Danmark

**Motor** 75 kW

**Batteri** 60 kWh litium-ion eller 82 kWh salt-nikkel-natriumbatteri

**Topfart** 80 km/h

**Rækkevidde** Op til 160 km

**Pris** Ca. 750.000 kr. inkl. litium-ion batteri, alt efter ladeopbygning

### SMITH

Engelsk fabrik der ombygger varebiler og minibusser fra Ford Transit og serieproducerer lastbiler med totalvægt 7,5-12 tons og lasteevne 3,3-7,4 tons.

**Topfart** 80 km/t.

#### Varebil/minibus

**Motor** 90 kW

**Batteri** 40 kWh litium-ion

**Rækkevidde** Op til 160 km

**Pris** Ca. 460.000 kr. ekskl. moms

#### Lastbil 7,5 - 12 tons

**Motor** 120 kW

**Batteri** 80 kWh litium-ion (120 kWh mod merpris)

**Rækkevidde** Op til 160 km (240 km med 120 kWh batteri)

**Pris** Ca. 665.000-705.000 kr. ekskl. moms uden opbygning. Merpris 120 kWh batteri 155.000 kr.

## 3.1.2. Forskellige typer af hybridbiler

Hybridbiler er inddelt i en række grupperinger, der beskriver dels teknologien og dels, hvor meget batteri og elmotor kan bidrage med til fremdrift af bilen. For ikke opladelige hybridbiler taler man om "micro hybrider", "milde hybrider", "moderate hybrider", mens betegnelsen "stærke hybrider" kan benyttes til både plug-in og til ikke-opladelige hybridbiler. Toyota Prius regnes fx for en "stærk hybrid", der i dag kan køre ca. 5 kilometer på batteridrift alene, og Honda Insight er en "mild hybrid", hvor elmotoren udelukkende assisterer forbrændingsmotoren.

I plug-in hybridbiler oplades batteriet via en generator som i andre hybridbiler, men kan tillige oplades fra elnettet. En række fabrikker har sådanne plug-in hybridbiler under forberedelse, og de forventes markedsført i løbet af 2010-11.

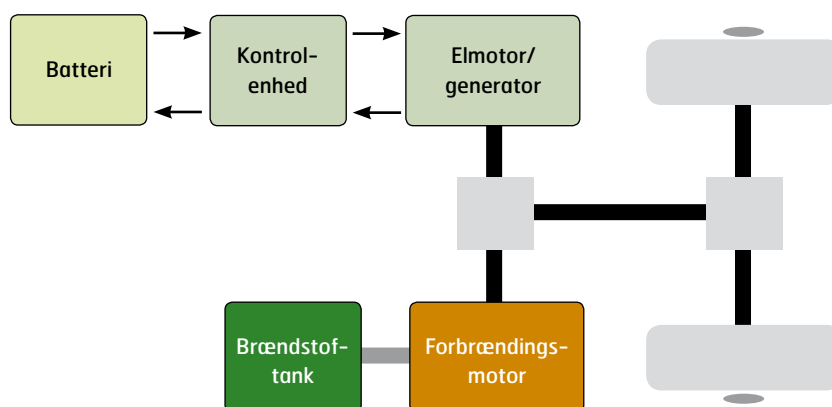
Plug-in hybridbilerne konstrueres til at kunne køre en større strækning på batteriet alene (fx kørsel i byerne). Batteriet har derfor en betydeligt større kapacitet end for de gængse ikke-opladelige hybridbiler.

Især de europæiske bilfabrikker interesserer sig for plug-in hybridbiler med dieselmotor, da bilerne forventes udbredt i Europa, hvor brug af dieselmotorer i forvejen er meget meget udbredt. Plug-in hybridbiler er i sagens natur altid "stærke hybrider".

Både den ikke-opladelige og plug-in hybridbilen kan være konstrueret på tre principielt forskellige måder:

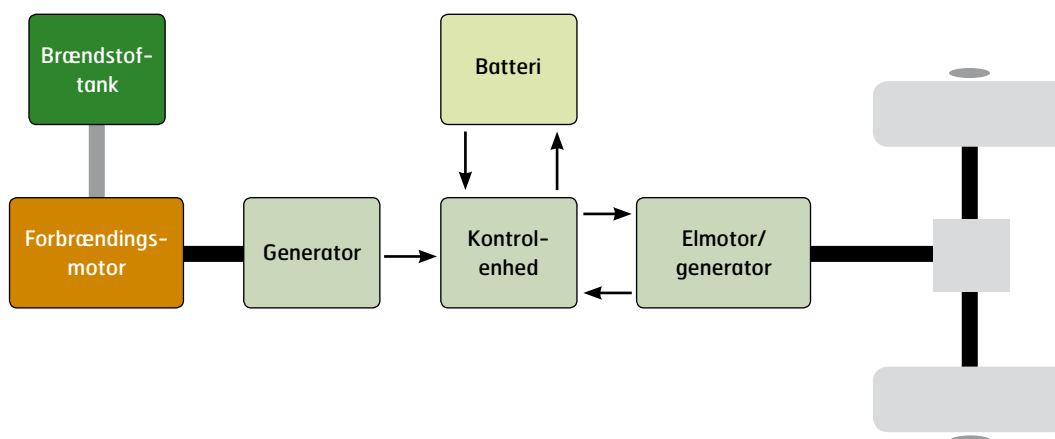
### 1. Parallel hybrid

I en parallel hybrid konstruktion har både elmotor og forbrændingsmotor mekanisk forbindelse til bilens hjul, og de driver bilen i fællesskab dvs. parallelt, men kan i nogle systemer også afkobles hver for sig, så enten forbrændingsmotoren eller elmotoren alene kan drive bilen. Elmotoren kan også fungere som generator, der kan trækkes af forbrændingsmotoren til opladning af batteriet eller regenerere energi under bremsning. Teknologien er relativ billig og finder anvendelse til især "milde" fx Honda Insight og "moderate" hybridbiler og i primitiv udførelse også til "micro" hybridbiler.



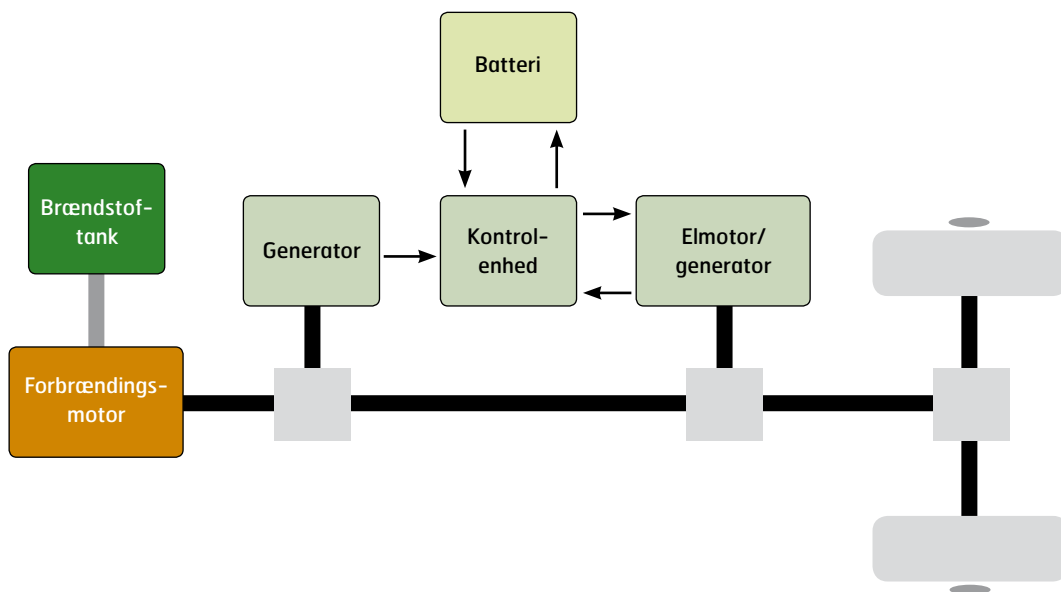
### 2. Serial hybrid

I en "seriel hybrid-konstruktion" har kun elmotoren mekanisk forbindelse med de drivende hjul, og forbrændingsmotoren trækker en generator, der leverer strøm til batterierne og/eller elmotoren. Elmotoren fungerer som generator under bremsning. Teknologien er relativ billig og giver god energibesparelse, men både generator og elmotor skal have ca. samme effekt som forbrændingsmotoren og bliver derfor tunge. Teknologien anvendes derfor især til større køretøjer fx busser og militærkøretøjer. En anden type inden for samme teknologi er biler, hvor batteriet og elmotoren er dominerende. Batteriet lades op fra nettet, plug-in, som en elbil, men rækkevidden forlænges ved at starte forbrændingsmotoren, efterhånden som batteriet aflades.



### 3. Seriel-parallel hybrid

Elmotor og forbrændingsmotor har mekanisk forbindelse til bilens hjul, og forbindelserne kan afkobles hver for sig. Elmotoren og forbrændingsmotoren kan derfor drive bilen enten parallelt eller hver for sig. Elmotoren fungerer som generator under bremsning. Yderligere har systemet en generator, der kan trækkes af forbrændingsmotoren og derved levere strøm til elmotoren eller opladning af batteriet. Forbrændingsmotoren kan derved benyttes til fremdrift og samtidig opladning af batteriet, hvilket parallelsystemet ikke kan. Seriel-parallel systemet kan således udnyttes mere energioptimalt. Teknologien er ret kostbar og forventes anvendt til dyrere hybridbiler af begge typer, fx Toyota Prius og BYD.



### 3.1.3. Plug-in hybridbiler

Denne oversigt omhandler plug-in hybridbiler, der tilhører kategorien familiehybridbiler, som forventes introduceret på markedet i 2010/11, men som endnu ikke er godkendt af bilproducenterne. Producenterne ønsker dokumentation for sikkerhed af batterier, før de ønsker at lancere de nye typer på markedet. Dette gælder for både elbiler og plug-in hybridbiler. Dokumentationen er en nødvendighed både i forhold til producenternes produktansvar og i forhold til at opnå myndighedsgodkendelse af bilerne. Batterierne er større og af en anden type end de nuværende ikke opladelige hybridbilers batterier. Plug-in hybridbiler vil have en vis rækkevidde fx 50-80 km på ren batteridrift. Udover de her viste eksempler arbejder flere af både de kendte bilproducenter og nye kinesiske fabrikker med udvikling af plug-in hybridbiler.

#### Eksempler

##### GM: CHEVROLET VOLT / OPEL AMPERA

GM har på biludstillinger i 2008 og 2009 vist en extended range seriel plug-in hybridbil Chevrolet Volt / Opel Ampera, som angives at gå i produktion i løbet af 2011 og vil kunne leveres til de første kunder i slutningen af 2011. Den får en rækkevidde på ca. 60 km ved ren elektrisk kørsel.

**Benzinmotor/generator** 1,4 liter/53 kW

**Elmotor** 111 kW

**Batteri** 16 kWh litium-ion

**Rækkevidde, eldrift alene** Op til 64 km

**Pris** Foreligger endnu ikke.

### TOYOTA PRIUS

Toyota har længe annonceret, at deres Prius vil komme i en plug-in udgave, men nærmere detaljer er ikke tilgængelige endnu. Findes i dag på det danske marked i en ikke-opladelig version.

### BYD F3DM

Kinesisk fabrikant, som oprindeligt producerede litium-ion-batterier til mobiltelefoner m.v. Bilproduktion siden 2003. Model F3DM er en serie-parallel plug-in hybridbil med benzinmotor.

**Benzinmotor** 1 liter / 50 kW

**Elmotor** 50 kW

**Batteri** Litium-ion

**Pris** Foreligger endnu ikke.

### FISKER KARMA

Den danske billedesigner Henrik Fisker har i samarbejde med investorer udviklet en plug-in luksus hybridbil med serie-parallel teknik. En prototype på bilen har været vist på en række biludstillinger. Første leverancer forventes i 2. halvdel af 2010

**Benzinmotor** 194 kW

**Elmotor** 2 x 150 kW

**Batteri** 22,6 kWh litium-ion

**Pris** Foreligger endnu ikke.

#### 3.1.4. Udbudsstruktur

På en række områder afviger elbiler og plug-in hybridbiler fra de kendte brændstofdrevne biler. Det drejer sig især om:

- høje omkostninger til batterier
- begrænset rækkevidde
- krav om opladningsmuligheder/batteriskift
- små elkøretøjer afviger i nogen grad, hvad angår sikkerhed på visse områder

Desuden er markedet for elbiler og plug-in hybridbiler påvirket af andre forhold og involverer andre interessenter, end det der kendes fra brændstofdrevne køretøjer, primært fordi der indgår elektricitet fra elnettet som energikilde.

Den offentlige debat er præget af en vis skepsis over de nye teknologier samtidig med, at der er et generelt ønske om en mere klimavenlig transportsektor. Desuden hersker manglende kendskab til elbilers og plug-in hybridbilers egenskaber og driftsomkostninger. En lang række af disse spørgsmål vil forventeligt blive besvaret i forbindelse med introduktion af masseproducerede el- og plug-in hybridbiler, da masseproduktion vil betyde, at producenterne har en klar information om bilens tekniske egenskaber, herunder rækkevidde og sikkerhed.

Fra markedets side skal der ske nogle klare tilsagn om efterspørgsel, bl.a. fra offentlige side, så de virksomheder, der markedsfører køretøjer og udstyr til elbiler fx batterier og ladestationer eller skal investere store beløb i infrastruktur, kan se, at investeringer i forskning og udvikling vil blive tilbagebetalt inden for en overskuelig tidshorisont. Flere elselskaber i Europa er dog indstillet på investeringerne – ofte i samarbejde med lokale og nationale myndigheder. I afsnit 4.6 er beskrevet, hvorledes indfasning af elbiler forventes at finde sted under forskellige forudsætninger af pris og tilgængelighed af opladning.

Der findes en række interessenter i forhold til el- og plug-in hybridbiler. Ud over producenterne af køretøjer omfatter listen leverandører af batterier, elektricitet, ladestationer/batteriskiftstationer samt serviceudbydere, der leverer flere af disse produkter, evt. inklusive finansieringsydelser som fx leasing af biler/batterier og leverancer af strøm i samlede "pakker".

Flere steder i udlandet er disse interessenter påbegyndt etablering af infrastruktur i form af lademuligheder og indgår i samarbejder og netværk med både private og offentlige organisationer for at ruste sig til en forventet vækst i antallet af eldrevne køretøjer i de kommende år.

Batterierne udgør en stor del af prisen for en elbil, og brugerne er indtil videre usikre på, hvorvidt batterierne kan holde, og om de forældes som følge af ny batteriteknologi. Disse risici kan afdækkes ved hjælp af garantier fra fabrikanten eller ved, at en "serviceudbyder" ejer bilerne/batterierne og leaser dem til brugere for en fast månedlig eller kilometerbaseret ydelse. Serviceudbyderen kan være producenten eller leverandøren af elbilen, eller det kan være en strømleverandør, der alene eller i samarbejde med andre udarbejder et koncept. Dette kan kombineres med, at elbilernes batterier kan fungere som energilager for energileverandøren.

Der kan tænkes mange forskellige kombinationer og serviceløsninger, og alt efter kundernes præferencer og konkurrenceforholdene vil der sikkert fremkomme en række udbydere. Det vil have stor indflydelse på den måde, elbilerne markedsføres på og på bilernes markedsposition.

Der findes allerede flere eksempler på sådanne samlede løsninger. Et eksempel er Better Place, der vil etablere et netværk af ladestationer, bl.a. på pendlerparkeringspladser ved stationer samt oprette et antal batteriskiftestationer primært langs motorvejsnettet. Et andet eksempel er leasingvirksomheden ChooseEV, der i samarbejde med elselskaberne Sydenenergi og SEAS/NVE siden efteråret 2009 har udbudt Citroën C1-biler, der er ombygget til eldrift på leasingaftaler til kunderne.

Som et eksempel i udlandet kan nævnes, at det tyske energiselskab RWE i efteråret 2009 har lanceret et koncept i delstaten Nordrhein-Westfalen. Konceptet indebærer, at kunder fra foråret 2010 kan lease en elpersonbil eller elvarebil med adgang til selskabets ladestander samt mulighed for installation af en hurtigladdestation ved hjemmet. RWE havde ved udgangen af 2009 46 offentlige ladestander.

I en opstartsfasen forventer Frost & Sullivan<sup>6</sup>, at forskellige former for leasing vil tegne sig for 75 % af afsætningen af elbiler, og at kun 25 % vil blive solgt på normal vis. Dette skyldes primært muligheden for at afdække de risici, der er forbundet med de nye teknologier. Sådanne leasingløsninger kan fx indeholde leverance af en "energipakke", der omfatter batterileasing og levering af strøm og tilhørende månedlig afregning – kunden køber selve bilen og står selv for service, reparationer og værditab. Eller det kan være løsninger, som ud over de nævnte ydelser, inkluderer service og forsikring samt fast betaling for et aftalt antal kilometer og en betydelig rabat ved købet af selve bilen. Og endelig den altomfattende pakke, der inkluderer bil, batteri, strøm, service, forsikring etc. for en fast årlig sum i et givet antal år.

Et andet markedskoncept kan være, at brugerne køber "personlig mobilitet" snarere end et bestemt køretøj. I et sådant koncept har brugeren rådighed over en elbil til de daglige ture i lokalområdet, til og fra arbejdet etc., mens der til længere rejser stilles en bil til rådighed, der har længere rækkevidde og større ydelse, fx en hybridbil eller en økonomisk dieselbil.

### 3.1.5. Teknologi- og prisudvikling

I opstartsfasen vil elbiler kunne afsættes til de, der har mulighed for opladning hjemme og/eller på arbejdspladsen, og hvis daglige kørselsbehov ikke er større, end det kan dækkes af elbilens rækkevidde.

Plug-in hybridbiler vil være uproblematisk mht. infrastruktur, idet de har en forbrændingsmotor, der kan varetage fremdriften. I opstartsfasen vil de kunne oplades hjemme, og de vil kunne drage nytte af lademulighederne, efterhånden som der sker udbygning af disse.

Udviklingen hos de store bilkoncerner foregår på to områder: plug-in hybridbiler og elbiler. Hybridteknikken benyttes til store og mellemstore biler, der er egnet som familiens eneste bil, der skal kunne tilbagelægge lange strækninger. Batteriteknikken benyttes i mindre biler til lokal transport, pendlertrafik mv., hvor en rækkevidde på 100-150 km er tilstrækkelig. Efterhånden som batteriteknologien udvikler sig, vil rækkevidden blive længere. Nogle biler bliver antageligt udviklet til at kunne lynlades, men det er usikkert, hvor mange biler der bliver bygget til hurtigskift af batteripakken.

Prisen for elbiler er indtil videre høj primært fordi, der endnu ikke eksisterer en egentlig masseproduktion. Det forventes<sup>7</sup>, at der går flere år, inden batteridrevne elbiler har en konkurrencedygtig pris i forhold til brændstofdrevne biler. I 2009 er prisen for et 10 kWh litium-ionbatteri fra 20.000 kroner op til mere end 50.000 kroner afhængig af type og kvalitet<sup>8</sup>. Det Internationale Energiagentur, IEA, anbefaler, at batteriproducenterne bør have som målsætning, at prisen for et litium-ionbatteri 10 kWh skal nå ca. kr. 15.000 i løbet af 2015.

For plug-in hybridbilerne vil princippet med både forbrændingsmotor og elmotor med tilhørende batteri samt den nødvendige avancerede transmission for især seriel-parallel hybridbiler medføre, at de vil være noget dyrere end tilsvarende biler med forbrændingsmotor. Plug-in hybridbiler må ligeledes forventes

<sup>6</sup> Frost & Sullivan: 360 Degrees Analysis of the Global Electric Vehicles Market. Marts 2009

<sup>7</sup> IEA: Technology Roadmaps – Electric and plug-in hybrid electric vehicles (2009)

<sup>8</sup> Frost & Sullivan: 360 Degrees Analysis of the Global Electric Vehicles Market. Marts 2009



tes at blive dyrere end ikke-opladelige hybridbiler pga. deres betydeligt større batteri.

For begge biltyper gælder, at der forventes væsentlige fald i produktionsomkostninger, når udviklingen er mere fremskreden og masseproduktion påbegyndes. Det kan med rimelighed forventes, at det vil blive plug-in hybridbilen, der vil drive udviklingen, da den bl.a. vil have en driftsøkonomisk fordel, når længere kørsel på eldrift bliver mulig og ikke har begrænsninger i forhold til rækkevidde og dermed heller ikke til tilgængelighed til ladestationer mm.

### 3.1.6. Markedet for el- og plug-in hybridbiler – opsamling

- Endnu findes ikke masseproducerede el- og plug-in hybridbiler
- Der findes en række elkøretøjer, som er ombygget fra konventionel bil til elbil
- De fleste kendte bilproducenter har flere og lovende udviklingsprojekter i gang
- De første masseproducerede elbiler og plug-in hybridbiler forventes på markedet i 2011
- Elbiler forventes udbudt efter samme struktur som konventionelle biler og i forskellige kombinationer af leje- og servicepakker
- Prismæssige er både el- og plug-in hybrid biler trods afgiftsfritagelse hhv afgiftslempelse dyrere end konventionelle biler
- Prisen for el- og plug-in hybridbiler forventes at falde til et konkurrencedygtigt niveau i forbindelse med at bilerne masseproduceres

## 3.2. Batteriudvikling og egenskaber

### 3.2.1. Teknologierne i overblik

I tabellen nedenfor er en række kendte batteriteknologier sammenlignet med udgangspunkt i et udvalgt sæt nøgleparametre.

Parametrene beskrives her kort:

#### Effektæthed:

Batterier kan typisk laves i to udformninger – 'højeffekt' eller 'højenergi'. Enten optimeres et batteri til at levere megen effekt i kort tid – fx en boremaskine med høj belastning i kortere tidsrum. Eller batteriet har meget energi, men afgiver mindre effekt og kan derfor holde i lang tid, fx et vægur. Effektætheden angiver, hvor mange watt man kan trække ud af en batteritype pr. vægtenhed. Et højt tal her indikerer, at batteriet er udviklet til at være af 'højeffekt' typen, denne type anvendes typisk i hybridkøretøjer, hvor eldriften primært tænkes anvendt i forbindelse med acceleration og kørsel op ad bakke.

#### Energitæthed:

Energitætheden er et tal for, hvor meget energi – altså Wh – et givent batteri kan indeholde pr. vægtenhed. Et batteri med et højt tal her indikerer, at batteriet er optimeret til at være af 'højenergytypen'. Denne type anvendes typisk i rene elbiler og plug-in hybridbiler, da elmotoren skal kunne drive bilen over længere strækninger.

#### Levetid:

Batterilevetiden opgives typisk i antallet af fulde op- og afladninger, batteriet kan gennemføre og fortsat indeholde 80 % af den oprindelige kapacitet. Levetiden kan forringes væsentligt, fx ved at aflade batteripakken fuldstændig og efterlade bilen i denne tilstand i lang tid.

#### Pris/kWh:

Nedenfor er prisen for 1 kWh batteripakke angivet. I en typisk elbil vil man kunne køre omkring 6-7 km på en batteripakke af denne størrelse. En typisk ren elbil vil indeholde omkring 15-30 kWh med en rækkevid-

de på 80–200 km. Det er vanskeligt at angive en nøjagtig pris, da mange nye teknologier dukker op, og prisen ofte er hemmeligholdt imellem producent og køber.

Tabellen nedenfor tager udgangspunkt i, at den pågældende batteriteknologi er anvendt til en ren elbil, hvor batterierne oftest ikke aflades til under 20 % restkapacitet. Det forlænger levetiden væsentligt.

Desuden belyser tabellen batterier af 'højenergi'-typen, hvor batteriets interne kemi er optimeret efter høj energitæthed. Batterier optimeret mod høj effektivitet vil have højere værdier på denne parameter end angivet i tabellen, men mindre på energitætheden.

BATTERITEKNOLOGI	EFFEKTHED	ENERGITÆTHED	LEVETID	PRIS/KWH	BEMÆRKNINGER
Blysyre	<350 W/kg	25 - 30 Wh/kg	300 - 500 afladninger	1000 DKK	Type til stationært brug/elbiler
Nikkelmetal-hydrid	250 - 1300 W/kg	40 - 90 Wh/kg	500 - 1000 afladninger	2500 DKK <sup>9</sup>	Stor selvafladning (15 - 30 %/md.)
Salt-Nikkel	170 W/kg	120 Wh/kg	>1500 afladninger	2500 DKK <sup>10</sup>	Bruger batteriets energi til opvarmning (15% /dag) Enkelt leverandør
Litium-ion-kobolt	500 - 2000 W/kg	150 - 175 Wh/kg	>1000 afladninger	3500 DKK	Stort udbud Stort spænd i tekniske specifikationer Stort spænd i priser Bør ikke dybdeafledes
Litium-ion-jern-fosfat	500 - 3000 W/kg	100 - 150 Wh/kg	>2000 afladninger	2000 DKK	Stort udbud, primært fjernøstlige Bør ikke dybdeafledes

**Tablet 3.1** Sammenligning af batteriteknologier

### Ren elbil vs plug-in hybridbil

Der er ofte væsentlig forskel i batteriets belastningsmønster for en elbil og en plug-in hybridbil.

I en elbil aflades batteriet i løbet af køreturen fra opladet stand ned til fx 20 % restkapacitet over en periode på cirka 1-3 timer. Batteriet, der oftest er af højenergi typen, udsættes ikke for store spidseffekter i forhold til dets samlede kapacitet. Der sker små gentagne op- og afladninger, såkaldte mikrocyklusser, fra regenerativ bremsning og efterfølgende acceleration især i bykørsel.

I en plug-in hybridbil vil regenerativ bremsning/acceleration og ladning fra forbrændingsmotoren medføre mikrocyklusser, og her kan ladestanden være meget svingende i løbet af en køretur. Dertil kommer, at spidseffekten i forhold til batteriets samlede kapacitet vil være høj, hvilket betyder, at batteriet skal være en 'højeffekt'-type. I praksis styres ladestanden på et hybridkøretøj typisk imellem 80-20 % ladestand, hvilket sikrer en lang levetid for batteripakken <sup>11</sup>.

Det forventes dog, at fremtidige plug-in hybridbiler primært vil være konstrueret og fungere som en elbil, men som er forsynet med en mindre forbrændingsmotor og en generator, og således vil batteriet aflades på tilsvarende vis som i en elbil.

### 3.2.2. Teknologibeskrivelser

En battericelle består af en positiv elektrode, der kaldes anoden og en negativ, der kaldes katoden samt af en elektrolyt, der er i kontakt med anoden og katoden. Til at forbinde battericellen til det apparat, det skal levere strøm til, er det forsynet med strømopsamlere, der er forbundet til henholdsvis anoden og katoden. Et batteri er koblet sammen af flere battericeller for at give en højere spænding. Elbiler anvender som hovedregel to batterier:

<sup>9</sup> Overslag baseret på genanskaffelse af batteripakke til Toyota Prius II

<sup>10</sup> Overslag baseret på genanskaffelse af batteripakke til en Modec el-lastbil

<sup>11</sup> For Toyota Prius fra 1999 blev ladestanden tilpasset imellem 60-40 % – et meget lille vindue, men med datidens teknologi var det nødvendigt for at optimere levetiden

- Et stort højvoltsbatteri, der leverer strøm til elmotoren. Batterispændingen er typisk i området 300-600 Volt.
- Et 12 Voltsbatteri til drift af lygter, horn, vinduesvisker, radio etc.

Den skematiske oversigt på næste side beskriver batteriteknologien i dag og de udfordringer, der er forbundet med de enkelte teknologier. En af årsagerne til, at hverken el- eller plug-in hybridbilen er masseproduceret endnu, er blandt andet de mangler, der endnu forekommer i forbindelse med anvendelse af batterier med lang rækkevidde i biler.

### 3.2.3. Fremtidens batteriteknologi

Batteriteknologi ved anvendelse af litium udvikler sig betydeligt og hurtigt i disse år. De største batteriproducenter benytter betydelige summer til forskning, udvikling og optimering af de forskellige teknologier i forhold til anvendelse i el- og plug-in hybridbiler.

Nedenstående teknologier vurderes at være blandt de mest lovende i forhold til fremtidens elkøretøjer.

**Litium Titanium, udviklingsstatus – i produktion:** Amerikanske Altairnano udskifter den kulbaserede anode i et litium-ion batteri med litium-titanium-oxidmateriale. Fordelene er, at cellen kan lynlades på 10 minutter, den har et meget bredt temperaturområde,  $-40^{\circ}$  til  $55^{\circ}$  og en meget lang levetid  $>5.000$  afladninger. Der er udviklet en række demonstrationskøretøjer baseret på denne teknologi. En af de kritiske faktorer for denne teknologi er økonomi, da det materiale, der anvendes i anoden, er meget kostbart. Cellernes tekniske specifikationer har i nogen grad været en inspiration for de muligheder litium-ionteknologien tilbyder.

**Zink luft, udviklingsstatus – i præ-produktion:** Schweiziske ReVolt Technology besidder en række patenter omkring zink-luftbatterier, der udviser en meget lovende energi- og effekttæthed i forhold til litium-ionbatterier. Den kritiske faktor i forhold til denne teknologi er, at levetiden er begrænset til et par hundrede afladninger. Det opvejes i nogen grad af, at processen for genanvendelse af disse batterier er enkel, og batterierne er billige.

**Litium luft, udviklingsstatus - forskning:** Der arbejdes med teknologien på flere universiteter. Senest har det engelske St. Andrew Universitet informeret om, at man forventer, at teknologien er markedsmoden om ca. fem år. Teknologien tager udgangspunkt i at udskifte ilten i katodematerialet,  $\text{LiFeO}_4$  og  $\text{LiCoO}_2$  med ilt fra den atmosfæriske luft. Det betyder, at strukturen på katodesiden kun skal medbringe ilt i det omfang, der er behov for ilt i opbyggelsen af lagerstrukturen<sup>12</sup>. Dette medvirker til at reducere vægten af katodematerialet. Litium er meget reaktivt med vand. En af de kritiske faktorer er derfor at holde batteriet tørt selv ved høj luftfugtighed.

**Litium Silicium, udviklingsstatus - forskning:** Silicium er et godt materiale til anoder, der let kan absorbere betydelige mængder af litium. Den kritiske faktor er, at silicium udvider sig markant ved absorption, hvilket medfører mekanisk slid internt i cellen og dermed reducerer levetiden, den samme problemstilling som lagdelt katodemateriale i litiumceller. På forskningsniveau<sup>13</sup> fokuseres blandt andet på anvendelse af nanoteknologi til at mindske problemerne med udvidelsen af anodematerialet.

<sup>12</sup> <http://ukerc.rl.ac.uk/cgi-bin/ercr5.pl?GChoose=gregsum&GRN=EP/E03649X/1&GrantRegion=10&GrantOrg=19&HTC=4547CEB&SHTC=6992AB>;

<sup>13</sup> <http://www.nature.com/nano/journal/v3/n1/abs/nano.2007.411.html>

	BLYSYRE	NIKKELMETAL-HYBRID
<b>Status</b>	Anvendes som 12 volts komponent-batteri	Anvendes i ikke opladelige hybridbiler. Forventes ikke at være konkurrence-dygtige til elbiler
<b>Slitage</b>	Nedbrydning af anode og katode ved dybdeafledning. Irreversible dannelse af blyulfat – krystalisering	Overladning slider på batteriet – forurening af anoden pga. aluminium
<b>Opladning og selvafladning</b>	Må ikke køres flade. Må kun aflades til min 25 % af kapacitet. Selvaflader – skal oplades regelmæssigt. Ladeeffektivitet på 75-85 %	Høj selvafladning. Kræver styring så overladning undgås af hensyn til sikkerhed. Delvis ladning er acceptabelt. Skal aflades helt for at opnå fuld effekt. Ladeeffektivitet på nær 100 %
<b>Temperatur afhængighed</b>	Mister kapacitet ved lave temperaturer. Reduktion på 25-30 % fra 20 °C til -10 °C	Mister kapacitet ved lave temperaturer. Reduktion på 5-10 % fra 20 °C til -10 °C <sup>14</sup>
<b>Genanvendelse</b>	Genanvendelse af bly. Neutralisering af syre	Kan genanvendes med fordel da det indeholder knappe ressourcer
<b>Ressourceforbrug</b>	Bly Svovlsyreopløsning (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Nikkel, Aluminium, Mangan
<b>Noter</b>	Kræver jævnlig check af syrestanden	Nikkel er en knap ressource, hvilket er begrænsende for udbredelsen af batteritypen

**Tablet 3.2** Skematisk oversigt over batterityper og de tekniske udfordringer, der skal løses, før masseproduktion til bilindustrien kan blive en realitet <sup>15</sup>

### 3.2.4. Batterier - opsamling

- Udvikling af den optimale batteriteknologi, herunder batteriets kapacitet, er en hjørnestein i elkøretøjers fremtidige succes
- Af hensyn til sikkerhed er der behov for, at der udvikles både sikkerheds- og kontrolsystemer til styring af bilernes batteri
- Materialet fra fremtidens batteripakker skal kunne genanvendes effektivt, også i Europa

## 3.3. Køretekniske egenskaber

### 3.3.1. Trafikegenskaber

#### Elbiler

I udviklingsarbejdet er der stor fokus på, at de kommende elbiler vil have en øget motoreffekt i forhold til de små og kompakte elbiler, der er lanceret indtil nu. For at kunne opretholde en topfart over en længere

<sup>14</sup> Jung, Do Yang et al, "Development of battery management system for nikkel-metal hydride batteries in electric vehicle applications, 2002, Journal of Power Sources 109 (1-10)"

<sup>15</sup> Ved dybdeafledning menes her afladning til 20% restkapacitet

SALT-NIKKEL	LITIUM-ION-KOBOLT	LITIUM-ION-JERNFOSFAT
Anvendeligt til elbiler. Benyttes i tunge køretøjer og i tog	Anvendes i nogle elbiler. Effektiv ved by- og pendlerkørsel. Endnu ikke sikkerhedsdokumenteret. Forventes serieproduceret i 2011-2012	Anvendes i nogle elbiler. Effektiv ved by- og pendlerkørsel. Endnu ikke sikkerhedsdokumenteret. Forventes serieproduceret i 2011-2012
Mekanisk vibration kan forårsage, at den keramiske separation slår revner, hvilket løbende nedbryder batteriet	Høje temperaturer (80-150 °C) leder til forurening og forringet effekt. Kan give anledning til eksplosion. Overopladning kan medføre varmeudledning og fatale kemiske reaktioner	Høje temperaturer (250 °C) leder til forurening og forringet effekt Slides ved kraftige dybde-afladninger
Høj selvafladning, kræver principielt konstant tilslutning til lader. Ladeeffektivitet på nær 100 %	Kræver styring af over/ underladning (ubetydeligt energiforbrug). Ladestand skal holdes mellem 80 og 25 %. Begrænset selvafladning. Ladeeffektivitet på nær 100 %	Kræver styring af over/ underladning (ubetydeligt energiforbrug). Ladestand skal holdes mellem 80 og 25 %. Begrænset selvafladning. Ladeeffektivitet på nær 100 %
Kræver konstant varme på 270-350 °C. Kan afhjælpes ved tilkobling til ekstern energiforsyning eller "ved egen hjælp"	Kræver styring af temperatur (overophedning). Mister kapacitet ved lave temperaturer. Reduktion på 25-30 % fra 20 °C til -10 °C	Kræver styring af temperatur (overophedning) Mister kapacitet ved lave temperaturer. Reduktion på 25-30 % fra 20 °C til -10 °C
Kan genanvendes. Kan indgå i produktion af stål	Kan genanvendes, så nettobehov for litium reduceres. Ingen genanvendelsesmuligheder i Europa	Kan genanvendes, så nettobehov for litium reduceres. Ingen genanvendelsesmuligheder i Europa
Nikkel, Natrium, Klor	Grafit/Titanium, Litium, Kobolt-oxid, Kobber, Aluminium	Grafit/Titanium, Litium, jernfosfat/mangan-oxid, Kobber, Aluminium
Kræver batteristyring til regulering af varme, med energiforbrug på 1600kWh ved 1-års tilkobling til lader for et 30kWh batteri	Kræver flere uafhængige sikkerhedskredsløb	Kræver flere uafhængige sikkerhedskredsløb

strækning på fx motorvej er det nødvendigt, at effekten øges, ligesom der vil være et tilsvarende behov ved kørsel på landevej i relativ høj fart. I bytrafik vil elbilen ikke have vanskeligt ved at følge den øvrige trafik trods en lavere motoreffekt.

Som for konventionelle biler vil brug af fx klimaanlæg, andet elektrisk komfortudstyr eller tagbokse anvende energi og dermed reducere elbilens rækkevidde.

En elbil er normalt helt ukompliceret at køre, nærmest som en bil med automatgear. De fleste elbiler har regenerativ bremsning, dvs. at elmotoren generer strøm til batteriet, når speederen slippes, og bilen "trækker motoren", der nu fungerer som generator. Denne regenerative bremsning sker automatisk, når speederpedalen slippes.

Bremseenergien sendes således til batteriet samtidig med, at hastighedskontrollen bliver nem, specielt ved by- og køkørsel. Når bilisten har lært bilens regenerative bremsning at kende, kan en stor del af kørslen klares uden at røre bremsepedalen blot ved at "læse" trafikken og køre forudseende. Det medfører både større rækkevidde og medvirker også til, at trafikken kan glide mere harmonisk.

Brug af elbil til motorvejskørsel forudsætter, at elbilen kan opretholde normal motorvejshastighed i længere tid og har tilstrækkelig rækkevidde, da rækkevidden i nogen grad reduceres ved høj hastighed.

Den begrænsede effekt for elmotoren og batteriet medfører visse begrænsninger i forhold til biler med forbrændingsmotor. Således findes der endnu ikke elbiler på det danske marked, der er egnede til at trække trailer eller campingvogn.

### Plug-in hybridbiler

Da plug-in hybridbiler har en forbrændingsmotor i tillæg til batteri og elmotor, har de i princippet samme egenskaber som konventionelle biler. De forventes at kunne køre 60-80 kilometer alene på batteriet.

Hybridteknikken indebærer, at plug-in hybridbiler har "automatgear", hvilket gør betjening og kørsel ukompliceret. Plug-in hybridbiler er ligesom elbiler udstyret med regenerativ bremsning, der lader på batteriet, når farten sættes ned.

Plug-in hybridbiler har flere fordele af kombinationen af forbrændingsmotor og elmotor. En plug-in hybridbil kan fx køre længere strækninger – også ved højere hastighed – ved hjælp af forbrændingsmotoren og i bytrafik overgå til ren batteridrift.

## 3.3.2. Komfort

### Elbiler

Da familieelbiler ofte er baseret på konventionelle biler, svarer niveauet i passagerkomfort til almindelig standard. Da kørsel med elmotor er meget støjsvag, vil dette øge komforten i forhold til biler med forbrændingsmotor.

På nuværende tidspunkt har flere elbiler et lavere komfortniveau, hvad angår opvarmning af kabinen. I en konventionel bil bliver overskudsvarme fra forbrændingsmotoren brugt til at opvarme kabinen, hvor kabinevarmen i elbiler leveres af batteriet. Brug af varme vil således reducere bilens rækkevidde. Det forventes, at fremtidige elbiler vil have en optimal isolering og dermed i højere grad kan anvende den producerede varme. Nogle elbiler er dog udstyret med et lille diesel- eller benzinfyur for at undgå reduktion af rækkevidden og sikrer således tilstrækkelig varme i kabinen.

### Plug-in hybridbiler

Da hybridteknikken optager en vis plads og medfører ekstra vægt i forhold til en tilsvarende forbrændingsmotor, er det vanskeligt at få plads til hybridteknik i små biler. Derfor svarer størrelsen på hybridbiler oftest til størrelsen på konventionelle biler i "familieklassen" (Passat, Peugeot 407 og lign.). Der findes også store personbiler i luksusklassen med hybridteknik. Disse forhold vil særligt gælde de kommende plug-in hybridbiler, der har et større batteri end ikke-opladelige hybridbiler. Komfort og brugsegenskaber er dog stort set som i tilsvarende brændstofdrevne biler. Dette gælder således også aircondition om sommeren og varme om vinteren. Men klima anlægget vil i sagens natur dog fortsat være energiafhængig som i konventionelle biler.

## 3.3.3. Opladning fra et brugersynspunkt

Elbilerne har normalt en "on board lader" og skal derfor i princippet blot tilsluttes en stikkontakt via et medfølgende kabel, når der er tale om opladning hjemme. Af hensyn til ladetiden vil man anbefale ladning fra en 3-faset 16 ampere stikkontakt frem for en normal stikkontakt 1 faset 10/13 ampere. Ladning af bilen er derfor relativt ukompliceret både i forhold til bilen og i forhold til etablering af stikkontakt.

Der arbejdes i øjeblikket på standarder for stik til bilen og til løsninger for bl.a. intelligent ladning. Til intelligent ladning kræves minimum 16 ampere 3-faset for at give tilstrækkelig fleksibilitet med hensyn til, at ladningen kan finde sted i de mest optimale tidsperioder.

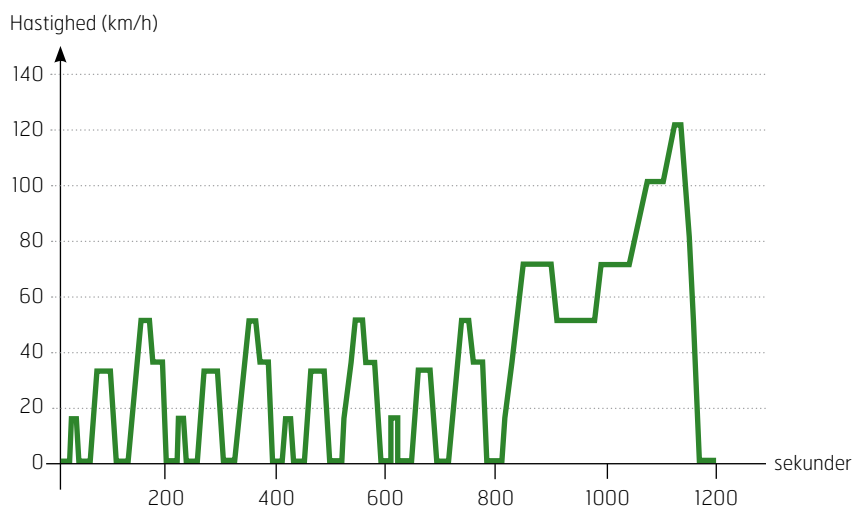
Der er udviklet et standardiseret stik, der kan bære op til 63 ampere 3-faset. 63 ampere vil i praksis ikke kunne etableres i private hjem uden væsentlige ændringer i infrastrukturen. Det standardiserede stik har normal størrelse (ca. 5 cm i diameter), men kablet til både 32 ampere og især til 63 ampere skal være meget kraftigt (2-3 cm i diameter) og vil derfor være tungt at håndtere og ikke mindst tage med i bilen. Skal man selv medbringe kabel, er 16 ampere derfor mest realistisk til ladning fra offentligt tilgængelige ladestander. Opladning med 16 ampere vil være tidsmæssigt acceptabelt – se afsnit 5.3.

Der arbejdes med muligheder for lynladning med op til 400 ampere, der vil kunne ske fra særlige "tankstandere", som har kabel og stik til formålet. I henhold til DTU Transport vil denne løsning være både tung og krævende og vil derfor ikke være brugervenlig – med mindre det automatiseres.

### 3.3.4. Rækkevidde

#### Måling af rækkevidde

Der findes en testprocedure, ECE regulativ 101, for måling af rækkevidde for elkøretøjer. Der er tale om en testprocedure på rullefelt for personbiler og lette varevogne uden brug af klima anlæg mm. Testen består i en kørecyklus på ca. 11 km, se figuren nedenfor, der simulerer kørsel i by, på landevej og på motorvej. Kørecyklussen er den samme, der benyttes ved måling af luftforurening og brændstofforbrug i konventionelle personbiler. Cyklussen gentages, indtil bilen ikke kan opretholde en hastighed på 50 kilometer i timen eller for plug-in hybridbiler til forbrændingsmotoren tager over. Bilens batteribeskyttelsesudstyr bestemmer, hvornår kørslen er slut, som det vil være på vejen.



Kørecyklus gentages på rullefelt indtil batteriet melder tom og bilen ikke kan køre længere. Distance 11,022 km., gennemsnitlig hastighed 33,6 km/t.

**Figur 3.1** Europæisk test for måling af brændstofforbrug

Under testen noteres batteristand regelmæssigt sammen med advarsler om tomt batteri. Når batteristanden viser 0, skal bilen kunne køre væk fra vejen.

Det er vigtigt at have en troværdig angivelse af restenergiindholdet i batteriet. Nogle af de batterier, der findes på markedet lige nu, har vanskeligt ved at måle præcis ladestand. Det skyldes, at de ofte "sjet-lades", og batteriet dermed ikke lades helt op. Det anbefales derfor, at bilen i videst muligt omfang tilsluttes ladestik i en længere periode.

#### Elbiler

Elbiler er i lighed med konventionelle biler følsomme, hvad angår kørestil, men da elbilen indtil videre har kortere rækkevidde, forudsætter det større fokus på energieffektiv kørestil, end hvad der nødvendigvis gør sig gældende i en bil med forbrændingsmotor. Føreren kan ubevidst komme til at trykke unødigt hårdt på speederen i elbilen, hvis der ikke er en form for feedback. Elbilens rækkevidde kan øges, hvis der findes en feedback til føreren i form af et visuelt "økonometer", dvs. et instrument der viser det øjeblikkelige strømforbrug eller en signallyd, der signalerer belastning på elmotor og batteri.

Rækkevidden afhænger dog først og fremmest af energiindholdet i batteriet målt i kWh. Energiindholdet i batterierne bliver stadig bedre i forhold til deres størrelse.

Rækkevidden reduceres ved høj hastighed og er dermed mindre ved motorvejshastighed på 110 km/t end ved landevejshastighed på 70-80 km/t. Kørsel i bakket terræn mindsker ligeledes rækkevidden, da det ikke er muligt at regenerere al energien fra kørsel ned ad bakke.

Elbilens drivlinje, dvs. motor og transmission, er meget energieffektiv sammenlignet med forbrændingsmotoren i en konventionel bil. Forbrændingsmotoren er mest effektiv ved middel omdrejningstal og relativ høj belastning, men har mindre effektivitet ved lav belastning. Elbilen har høj effektivitet over næsten hele belastnings- og omdrejningsområdet. Det betyder, at elbilen generelt har bedre virkningsgrad, og at forbruget er større ved bykørsel end ved landevejskørsel.

Når der køres energieffektivt i elbilen udenfor motorveje, kan moderne elbiler køre 6 til 9 km/kWh, svarende til 0,11-0,17 kWh/km for mindre biler og for mellemklasse elbiler 5 til 8 km/kWh, svarende til 0,125-0,2 kWh/km.

Energiindholdet i batteriet vil for de første almindelige elbiler typisk ligge mellem 10 og 30 kWh, svarende til en rækkevidde fra 80 km til lidt over 200 km alt efter kørestil, hastighed, terræn og årstid.

I koldt vejr bruges varme, ventilator, bagrudevarme og ofte vinduesviskere. Forbruget ud over varmen ligger typisk på 0,5 kW, og med et varmeforbrug på 4 kW reduceres energiindholdet i batteriet således med ca. 4,5 kWh hver time. Nye elbiler forventes derfor at have en bedre varmeisolering end konventionelle biler.

Hertil kommer, at batteriets kapacitet udnyttes dårligere, når batteriet er koldt. Det skyldes, at de kemiske processer i batteriet forløber langsommere og mindre effektivt, når temperaturen er lav. Friktions-tabene i drivlinjen er også lidt større i kold end i varm tilstand.

### **Plug-in hybridbiler**

For plug-in hybridbiler på batteridrift gælder de samme forhold som for elbiler – den elektriske rækkevidde er stærkt afhængig af kørestilen. Plug-in hybridbilen kan dog til en hver tid overgå til brændstoftank ved lav ladestand.

Batteriet i plug-in hybridbiler er oftest af en type, der kan optage og afgive stor effekt på kort tid. Det kan således hjælpe til ved acceleration og kortvarig kørsel op ad stejle stigninger og lign. Dermed kan benzin- eller dieselmotoren være mindre og køres mere økonomisk end i en brændstofdrevet bil af samme størrelse. I plug-in hybridbiler vil batteriet yderligere have en rimelig stor kapacitet, dog ikke så stor som for elbiler.

## **3.3.5. Driftsøkonomi**

### **Elbiler**

Som for andre biler består driftsomkostningerne for en elbil af afskrivning, energiforbrug samt af service- og reparationsomkostninger.

Omkostningerne til service og reparationer forventes på længere sigt at være lavere for elbiler end for konventionelle biler, der har behov for olie- og filterskift samt justering af motoren. Når elbiler i fremtiden designes fra bunden, forventes der at være få dele, der er vanskelige at vedligeholde. I de næste fem til ti år vil elbilerne dog stadig indeholde mange mekaniske elementer, der svarer til de konventionelle bilers drivlinjer. Teknologisk Institut forventer, at de nye elektriske komponenter og batterier først om fem til ti år vil opnå en kvalitet på niveau med gennemtestede konventionelle biler.

Elbiler har samme øvrige tekniske komponenter som konventionelle biler: styretøj, hjulophæng, støddæmpere, affjedring, til dels bremses etc. De vil have samme udstyr i form af komfortudstyr i form af centrallås, aircondition, el-ruder, stereoanlæg, navigation, servostyring etc. og sikkerhedsudstyr omfattende blandt andet airbags, selestrammere, ABS-bremses, ESC-system. Det tilsvarende vil gøre sig gældende for plug-in hybridbiler. Disse komponenter og dette udstyr vil afføde samme niveau af service- og reparationsomkostninger som for tilsvarende biler med forbrændingsmotor.

Det må med rimelighed forventes, at batterier og drivlinje kan holde hele bilens levetid. Under den forudsætning anslår Teknologisk Institut, at den vejledende vedligeholdelseskostning for en elbil, der kører 20.000 km om året, vil svare til ca. 50 % af omkostningerne for en konventionel bil. Disse betingelser ventes dog tidligst opfyldt fra 2015, når bilerne masseproduceres, og alle komponenter er gennemtestede og tilrettede.

Energiomkostningerne er direkte afhængige af afregningsprisen på el, hvor bilen oplades. Når batteriet oplades, må der forventes et tab på ca. 10 %, når teknologien er fuldt udviklet afhængig af batteritype, kvaliteten af laderen og effektiviteten af batteristyringen. Så længe elforbruget ikke kan afregnes til den øjeblikkelige, variable elpris, der ofte er lavere om natten, men afregnes til en konstant, gennemsnitlig elpris, er der ikke reelle incitamenter til at udskyde opladningen til om natten. På nuværende tidspunkt er det teknologisk heller ikke muligt at afsætte eventuelt overskydende el til elskaberne for at forbedre bilens driftsøkonomi.



### Plug-in hybridbiler

Driftsøkonomien for plug-in hybridbiler vil være påvirket af, at de både har en forbrændingsmotor og et batteri-/elmotorsystem, samt – for parallel og seriel-parallel hybridbilernes – en speciel gearkasse, der sammenkobler forbrændingsmotoren og elmotoren. Der er således flere tekniske komponenter, der skal serviceres.

Den ikke opladelige hybridbil Toyota Prius har været på markedet i andre lande siden 1997, og erfaringerne viser, at der ikke er driftsmæssige vanskeligheder i forbindelse med hybridteknikken. På længere sigt vil en plug-in hybridbil dog sandsynligvis have lidt højere omkostninger til service og reparation end både tilsvarende elbiler og tilsvarende benzin- og dieselmotorer, da den indeholder flere komponenter, der skal fungere sammen.

Det vil dog til dels blive kompenseret af, at brændstøfoekonomien vil være bedre end for de tilsvarende benzin- og dieselmotorer. Den regenerative bremsning formodes også at medføre, at service og reparation af hjulbremserne vil være mindre end for konventionelle biler.

For de kommende plug-in hybridbiler vil økonomien, som for elbilen, have gavn af mulighederne for at oplade batteriet til variable elpriser.

Da plug-in hybridbilen ikke er markedsført endnu, er det vanskeligt at vurdere omkostningsniveauet sammenlignet med konventionelle biler. Men de daglige driftsomkostninger vil være meget afhængige af, hvor meget bilen vil blive anvendt på ren eldrift, mens service- og vedligeholdelsesomkostningerne forventes at blive på niveau med biler med forbrændingsmotor.

### 3.3.6. Køretekniske egenskaber – opsamling

- Der er behov for en videreudvikling af komforten i elbiler, så de møder brugerens behov og forventninger
- Komforten for plug-in hybridbiler forventes på niveau med konventionelle biler
- Der er behov for at kunne foretage differentieret afregning af el, så brugere af elkøretøjer opnår en driftsøkonomisk fordel ved at køre i et eldrevet køretøj og foretage opladning om natten

## 3.4. Sikkerhed, regler og standarder

### 3.4.1. Sikkerhed

Grundlæggende skal en elbil og en plug-in hybridbil opfylde de samme regler, som gælder for andre biler om bremses, styretøj, lygter mv., så bilen kan godkendes af de offentlige myndigheder.

Det høje energiindhold i batterierne kan forårsage brand i forbindelse med kortslutning ved kollision. Det forventes derfor, at masseproducerede biler vil imødekomme dette med et meget højt sikkerhedsniveau i form af kontrolsystemer.

Generelt rejser elektriske biler nogle nye sikkerhedsmæssige risici, som der skal tages stilling til. Høje spændinger kan være livsfarlige i sig selv, og de nye batterityper kan i sjældne tilfælde eksplodere, hvis de ikke behandles korrekt. Der skal ske en form for efteruddannelse af beredskabspersonalet, så de er rustet til at klare kollisioner, hvor elkøretøjer er involveret.

Kravene til elbiler og hybridbiler skal derfor gennemgås og opdateres.

### 3.4.2. Regler og standarder for elbiler og hybridbiler

Ved *regler* forstås i denne redegørelse bindende forskrifter, som er udstedt af myndigheder, fx nationale love og bekendtgørelser og internationale EU-direktiver og -forordninger samt FN/ECE-regulativer.

Ved *standarder* forstås nationale eller internationale aftaler mellem industrirepræsentanter og evt. myndigheder om, at et givet produkt skal opfylde nogle veldefinerede krav, således at produkter fra forskellige underleverandører kan konkurrere på lige vilkår.

### 3.4.3. EU-regler og nationale regler

En elbil og en plug-in hybridbil skal opfylde de regler, der gælder for biler iflg. Detailforskrifter for Køretøjer. Det er de regler, der gælder for, at bilen kan godkendes og registreres.

Siden 2009 har elbiler kunnet EF-typegodkendes efter reglerne i Rådets direktiv 2007/46/EF<sup>16</sup>, herunder er der mulighed for godkendelse efter lempeligere regler, hvis modellen fremstilles i et antal under 1.000 stk./år. Pt. har Trafikstyrelsen set en enkelt EF-typegodkendt varebil og en del EF-typegodkendelser efter reglerne for small series.

Desuden kan visse mindre elbiler blive EF-typegodkendt efter reglerne i Rådets direktiv 2002/24/EF<sup>17</sup>. Køretøjerne er godkendt som 4-hjulede motorcykler med en motoreffekt på højst 15 kW og en egenvægt uden batterier på højst 400 kg. Køretøjerne er som regel forsynet med et karrosseri, så de ligner almindelige, men meget små biler. Direktivet indeholder ingen krav om kollisionssikkerhed.

Endelig kan enkeltstykgodkendelse foregå ved syn i en synsvirksomhed på grundlag af en Data-erklæring, der udstedes af fabrikanten eller dennes repræsentant eller en anerkendt prøvningsinstitution.

I 2009 har Færdselsstyrelsen deltaget i forhandlinger i Rådet om en forordning for bilernes sikkerhed og har i den forbindelse bl.a. medvirket til, at Kommissionen skal fastsætte detaljerede krav om elbilers sikkerhed. Rådets direktiv 2007/46/EF er således under opdatering med hensyn til bl.a. mere specifikke krav til elbiler. Elbiler er omfattet af ECE-regulativ 100 vedrørende elbilers betjening og sikkerhed i forbindelse med høje spændinger. ECE-regulativ 100 er blevet opdateret, og det kommende opdaterede direktiv 2007/46/EF vil referere hertil.

I drøftelserne i EU vil Danmark desuden rejse spørgsmålet om elbilers støjsvaghed. Dette kan muligvis udgøre en trafikikkerhedsmæssig risiko, der bør reguleres, selv om det anses som et miljømæssige gode.

I direktiv 2007/46/EF findes regler om produktansvar i artikel 31-33. Disse giver producenten ansvar for, at køretøjerne ikke udgør en risiko for færdselssikkerheden eller miljøet. Desuden foreskriver direktivet, at der i tilfælde af fejl sker en udbedring, der kan afhjælpe risikoen, fx ved tilbagekaldelse af køretøjet. Færdselsstyrelsen overvåger tilbagekaldelser. Der sker en udveksling af information om tilbagekaldelser mv. i EU-regi.

Trafikstyrelsen har udsendt et udkast til meddelelse om ombygning af normale typegodkendte biler med forbrændingsmotor til elbiler. Ved ombygningen vil en række forhold ændre sig i forhold til de krav, bilen opfyldte ved sin oprindelige typegodkendelse. Retningslinjerne tager udgangspunkt i, at en elbil skal være et lige så sikkert køretøj som en konventionel bil. Det betyder bl.a., at et anerkendt prøvningslaboratorium giver en begrundet udtalelse om, hvorvidt elbilen fortsat kan opfylde kravene om kollisionssikkerhed. Der stilles ligeledes krav om bl.a. montering af vakuumpumpe til bremsekraftforstærkeren og kontrol af stabilitet under opbremsning, hvilket er nødvendigt, hvis sikkerheden ved nedbremsning fortsat skal være acceptabel, da bilens vægt er forøget væsentligt på grund af batterierne. Af samme årsag stilles der krav til beregning og kontrol af vægt og vægtfordeling samt dokumentation for opfyldelse af ECE-regulativ 100 og af EMC-kravene om radiostøjdæmpning mv. Når der kan fremvises dokumentation for sikkerheden, godkender Trafikstyrelsen, at den pågældende bil kan godkendes ved syn og herefter registreres som elbil. Godkendelsen kan dække en enkelt bil eller flere, hvis de er ombygget efter samme principper.

### 3.4.4. Standardisering

Standardiseringsudvalget i Danmark for elbiler S-454 blev oprettet i september 2008 og har til formål at sikre, at de danske interesser inden for standardisering af elbiler føres videre til de internationale og europæiske organisationer ISO, IEC og CEN. Udvalget fungerer desuden som fagligt netværk for elbilsinteressenter. Udvalget omfatter virksomheder som DONG Energy, Better Place Denmark A/S, Teknologisk Institut, Dansk Energi, EURISCO, LITHIUM BALANCE, Energistyrelsen, Vindenergi Danmark, Drive Green, DTU, Trafikstyrelsen og Siemens A/S.

Da antallet af standarder, som er under udarbejdelse inden for elektrisk transport og batterisystemer, er meget omfattende, har udvalget valgt at koncentrere indsatsen om følgende emner, da det er netop disse områder, der har størst betydning for brugeren og elsektoren og dermed forsyningssikkerhed:

- Opladelige traktionsbatterier, dvs. batterier til elkøretøjer, herunder specielt store litiumbatterier
- Strømforsyninger, stik og ladeapparater
- Køretøjets kobling og kommunikation med elnettet

<sup>16</sup> Om fastlæggelse af en ramme for godkendelse af motorkøretøjer og påhængskøretøjer dertil samt af systemer, komponenter og separate tekniske enheder til sådanne køretøjer

<sup>17</sup> Om standardtypegodkendelse af to- og trehjulede motordrevne køretøjer

- Betjening og sikkerhed i køretøjer
- Måling af køretøjers ydelse og energiforbrug

Af særlig interesse er den aktuelt igangværende revision af standarden om elektrisk sikkerhed i køretøjer ISO 6469-3.

Med hensyn til konventionelle ladesystemer sigtes der mod strømstyrker på op til 63A. Der arbejdes på en fælles definition af kontaktpunkter i ladestik. Der er stadig mere end én stiktype i spil, men japansk, tysk og italiensk stiktype samles formentlig i et fælles dokument. Der er ønske om harmonisering af alle standarder for ladesystemer.

På kommunikationssiden er der behov for et roaming-system i stil med det, der kendes fra mobiltelefoni. Dette skyldes, at omkostningerne ved opladning er stærkt afhængige af hvor, hvornår og hvor kraftigt der lades. Desuden vil nogle elbiler blive udbudt efter flere forskellige forretningsmodeller, hvor nogle abonnementsformer eksempelvis vil inkludere fri opladning. Systemoperatører, elselskaber og elbilflåden skal derfor kunne kommunikere på en hensigtsmæssig måde.

Der arbejdes desuden på generiske dimensioner af batterier, men også her er det vanskeligt at opnå enighed. Desuden diskuteres tilslutning af batteriet samt kommunikation mellem batteriet og bil eller lade-station. Testspecifikation for ydelse, holdbarhed og sikkerhed er ligeledes et vigtigt emne.

### 3.4.5. Sikkerhed, regler og standarder – opsamling

- Der er behov for, at regler og direktiver tilpasses de nye teknologiers ændrede krav i forhold til sikkerhed, herunder krav om kollisionssikkerhed til 4-hjulede motorcykler
- Der er behov for en markedstilpasset standardisering, inden for en række områder af bilens indretning samt opladningsfaciliteter
- Der er behov for forsøgs- og demonstrationsprojekter, som kan give danske producenter mulighed for at udvikle og teste bl.a. tekniske tiltag i forhold til elbilers komfort

## 3.5. Miljømæssige forhold

### 3.5.1. Bilernes CO<sub>2</sub>-udledning

Energiforbruget for almindelige biler med forbrændingsmotor, elbiler og plug-in hybridbiler måles i et såkaldt rullefelt efter en kørecyklus fastlagt i ECE regulativ 101, der blev omtalt i afsnit 3.4.4, hvor energiforbruget måles under simulerede kørselsmønstre i by og på landevej og på motorvej.

For plug-in hybridbiler anvendes samme kørecyklus som for øvrige biler, men der måles to gange ved to forskellige betingelser, betingelse A -batteriet fuldt opladet og betingelse B - batteri afladet til minimum.

For hver af de to betingelser måles CO<sub>2</sub>-udledning, brændstofforbrug og elforbrug. Herefter omregnes målingerne for de to betingelser til et vægtet gennemsnit. Resultaterne vægtes for betingelse A med bilens elektriske rækkevidde, der måles i en særlig test, og for betingelse B med 25 km kørsel på brændstof.

Resultatet er, at der også for plug-in hybridbiler kommer ét sæt data for CO<sub>2</sub>-udledning og forbrug. Der findes data for energiforbruget for alle masseproducerede personbiler med forbrændingsmotor. Elbiler og plug-in hybridbiler masseproduceres endnu ikke, og derfor findes der kun meget få standardiserede målinger af forbruget. I energiforbruget er medregnet energitabet ved opladning, dvs. tab i lader og batteri. I fremtiden forventes dette tab at være ca. 10 % af bilens energiforbrug.

Ud fra oplysninger fra ikke-autoriserede målinger foretaget af bl.a. Teknologiske Institut, anvendes 0,13 kWh/km for en lille elbil fx Citroën C1 ved blandet kørsel.

Med hensyn til plug-in hybridbiler er eneste offentliggjorte praktiske erfaring GM's Volt, der ifølge de seneste oplysninger har et forbrug på 1,6 l/100 km benzin og 0,133 kWh/km strøm fra batteriet målt efter ECE regulativ 101.

De mellemstore benzin- og dieselbilers udledning af CO<sub>2</sub> bliver beregnet på baggrund af bilernes brændstofforbrug – se tabel 3.3. Brændstofforbruget er beregnet som et vægtet gennemsnit af alle solgte biler i Danmark i 2008. For klassen "lille" er benyttet gennemsnitlig brændstofforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning

for de meste gængse biler i energiklasse A og tilsvarende dieselmotorer. Værdierne er gennemsnitlige og baseret på EU-typegodkendelser.

BILTYPE	FORBRUG
Benzin, mellem	l/100 km 6,29
Diesel, mellem	l/100 km 5,27
Benzin, lille	l/100 km 5,03
Diesel, lille	l/100 km 4,23
El, lille	kWh/km 0,13
Plug-in, mellem	l/100 km 1,6 kWh/km 0,133

**Tabel 3.3** Personbilers energiforbrug

CO<sub>2</sub>-udledninger vist i tabel 3.4 er uden opstrømmissioner. Udledninger fra elproduktion medregnes ikke i fx Kyotoberegningerne, da elsektoren er kvotebelagt. For at få et reelt sammenligningsgrundlag er CO<sub>2</sub>-udledningen fra elproduktionen her medregnet i nedenstående tabel.

BILTYPE	UDLEDNING g CO <sub>2</sub>		
	FRA BIL	FRA EL	SUM
Benzin, mellem	150	0	<b>150</b>
Diesel, mellem	140	0	<b>140</b>
Benzin, lille	119	0	<b>119</b>
Diesel, lille	109	0	<b>109</b>
El, lille, gennemsnit el	0	61	<b>61</b>
Plug-in hybrid	40	59	<b>99</b>

**Tabel 3.4** Udledning af drivhusgasser fra personbiler, ekskl. opstrøm nuværende (2008/2010)

Der vil i de kommende år blive indfaset biobrændstof på tankstanderne, således at målsætningen om anvendelse af 5,75 % biobrændstof målt efter energi i transportsektoren kan opfyldes. Det forventes, at der introduceres 7 % vol. biodiesel og 5 % vol. bioethanol med mulighed for at tanke op til 10 % vol. Her ved reduceres forbrændingsmotorens CO<sub>2</sub>-udledning med ca. 6 %. Det gælder også for plug-in hybridbilens forbrændingsmotor.

Det fremgår af tabel 3.4, at såvel elbiler som plug-in hybridbilen har mindre udledning af CO<sub>2</sub> end biler med forbrændingsmotor ved brug af gennemsnit, der udgøres af el fra kul, naturgas, vindkraft og biomasse. For elbilen stammer CO<sub>2</sub>-udledningen udelukkende fra elproduktionen og for plug-in hybridbilen stammer udledningen fra forbrændingsmotoren og fra elproduktionen. Ved opladning om natten og brug af ren vindkraft vil CO<sub>2</sub>-udledningen være lavere, mens der ved opladning i spidsbelastede periode ved brug af el fra kulkraft vil være en højere CO<sub>2</sub>-udledning fra elproduktionen.

### 3.5.2. Øvrige miljøforhold

#### Luftemissioner

De væsentligste miljøskadelige udledninger fra konventionelle biler, elbiler eller plug-in hybridbiler er vist i tabel 3.5. Ved miljø tænkes her på påvirkning af natur såvel som mennesker. Bilerne udledning er fra den nu gældende Euro 4 norm. Euro 5 træder i kraft 2011, men det tager flere år, før disse biler er indfaset. Udledningsniveauet kan i praksis være mindre, afhængigt af hvor bilproducenterne lægger sig i forhold til grænseværdierne, da bilproducenterne oftest ligger under normernes grænseværdier. Værdierne for el er fra Energinet DK, 2009.

Elbilen og plug-in hybridbilen er bedre end biler med forbrændingsmotor, hvad angår CO, NMHC dvs. kulbrinter undtagen metan og PM partikler. Når Euro 5 er fuldt indfaset, vil der ikke være markant forskel på partikelniveauet. Med hensyn til NO<sub>x</sub> er forskellen ligeledes marginal i forhold til benzinbilen, hvorimod elbilen og plug-in hybridbilen er bedre end dieselbilen. Svovldioxid regnes ikke for et problem længere for biler med forbrændingsmotor på grund af den meget lave grænseværdi for svovlindhold i benzin og diesel. Men især kulkraft udleder, trods røggasrensning, fortsat en begrænset mængde SO<sub>2</sub>.

UDLEDNING G/KM:	CO	NMHC*	NO <sub>x</sub>	PM	SO <sub>2</sub> *
Biltype: benzin	1,000	0,068	0,080	0,010	0,0005
Biltype: diesel	0,500	0,050	0,250	0,025	0,0005
El, lille, <b>gennemsnit el</b> gennemsnitskørsel	0,019	0,007	0,061	0,002	0,016

**Tabel 3.5** Udledning af miljøskadelige gasser fra personbiler (Euro 4).

\*Note: For benzin- og dieselbiler er NMHC- og SO<sub>2</sub>-værdierne estimeret.

#### Andre miljøeffekter

En elbil støjer betydeligt mindre end en bil med forbrændingsmotor. Det samme gælder plug-in hybrid-bilen i det omfang, den kører på batterier. Ved høj hastighed vil hjulstøjen dog blive markant, og for almindelige biler overdøve motorstøjen, så elbilens støjmæssige fordel aftager med hastigheden. Men i bymiljøet er kørsel på elkraft støjsvag, hvorfor elkøretøjer kan benyttes til fx natdistribution uden gene for borgerne.

### 3.5.3. Ressourcer og bæredygtighed

Elbilen, og i nogen grad plug-in hybridbilen, er ikke afhængig af olie og har en stor fleksibilitet med hensyn til energiforsyning. En stor del af strømmen kan komme fra vindkraft, men biomasse er ligeledes et godt alternativ, da den udnyttes meget effektivt i elværker.

#### Litium som ressource

Verdens årlige produktion af litium er i kraftig stigning. I nedenstående tabel findes en oversigt over aktuel udvinding og reserver.

GRUNDSTOF	ÅRSPRODUKTION	RESERVER	BASISRESERVER
Lithium	27.400 t	4,1 millioner t	11 millioner t

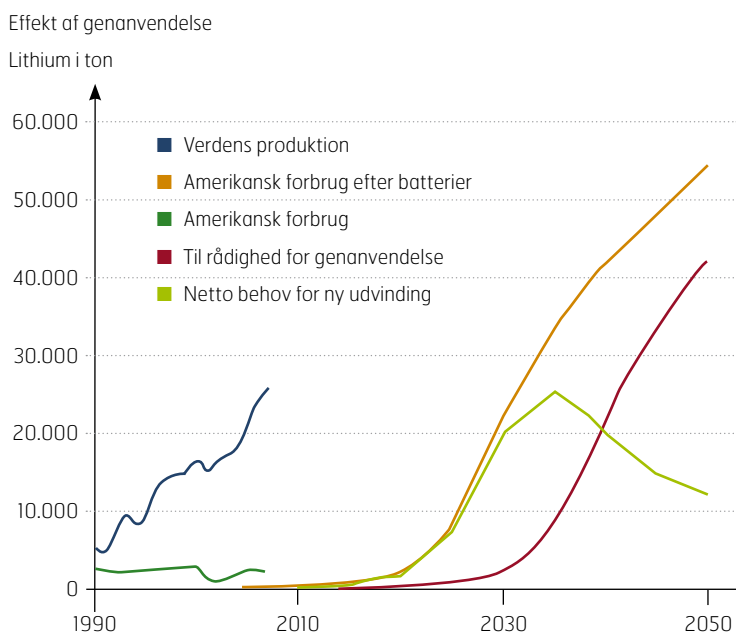
**Tabel 3.6** Litiumressourcer

Ovenstående opgørelse er af flere brancheeksperter blevet vurderet til at være konservativ og antyder, at basisreserverne nærmere er mindst tre gange større<sup>18</sup>. Den nuværende lave efterspørgsel efter litium er årsag til, at mineselskaberne ikke lokaliserer yderligere litiumkilder.

<sup>18</sup> [http://www.worldlithium.com/An\\_Abundance\\_of\\_Litium\\_1.html](http://www.worldlithium.com/An_Abundance_of_Litium_1.html)

Ved at genbruge litium kan behovet for at udvinde nyt litium reduceres betragteligt.

I figur 3.2. nedenfor ses det amerikanske behov alene, men figuren illustrerer, hvad genanvendelse forventes at ville betyde for behovet for nyt litium. Kurven for nettobehovet forventes at knække i 2035 som følge af genanvendelse af batterier fra elbiler.



Figur 3.2 Forbrug af litium og effekt af genbrug

#### 3.5.4. Klima, miljø og ressourcer – opsamling

- El- og plug-in hybridbiler vil udgøre en gevinst for miljø og klima
- Ved brug af dansk gennemsnit vil CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres ved indfasing af el- og plug-in hybridbiler
- Ved brug af intelligent ladning vil CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres betydeligt
- Støjniveauet vil falde i byerne ved indfasing af elkøretøjer
- Det vil være muligt at gennemføre natdistribution og renovationsarbejde uden gene for borgerne ved brug af elkøretøjer
- Der er behov for en optimal genanvendelsesproces for den nye batteriteknologi



## 4. BRUGERADFÆRD OG FORVENTNINGER

## 4. BRUGERADFÆRD OG FORVENTNINGER

---

I dette afsnit gennemgås de behov og kørselsmønstre som hhv. privatbilister og erhvervskøretøjer har, samt mulighederne for at elbiler hhv. ellastbiler kan imødekomme disse behov. Sidst i kapitlet findes en indfasningsmodel, der beskriver, hvilken indflydelse tilgængeligheden for opladning har på efterspørgslen efter elbiler. Med erhvervskøretøjer menes godstransport, renovation, kollektivtrafik og varebiler.

### 4.1. Primære behov i forhold til privatbiler

Personbilen har gennem de seneste 50 år udviklet sig til at være en integreret del af danskernes hverdag. Bilen sikrer mobilitet, fleksibilitet og dermed frihed. Den anvendes til mange formål fra små korte indkøbsture til rejser og daglig pendling mellem hjem og job.

I takt med udbredelsen af personbilen er fleksibiliteten og dermed friheden blevet større. Udviklingen har medført mere komfort, bilerne kan køre længere på en tank, og brændstoffet er nemt tilgængeligt. Endelig er værkstedsbesøgene ikke så hyppige som tidligere.

Når bilen fravælges sker det oftest ud fra økonomiske eller logistiske betragtninger, som fx vanskelige parkeringsforhold.

Elbilen stiller derimod krav til en anderledes måde at opfatte bilen på. Bilen har en begrænset rækkevidde sammenlignet med den konventionelle bil, og opmærksomheden skal i højere grad rettes mod opladningsmulighederne. Ved valg af fremtidens bil skal forbrugerne i højere grad være deres kørselsbehov bevidst og måske ligefrem være åbne overfor et miks af biler i form af en daglig pendler bil, som kunne være en elbil, og en mulig leje/bytte bil i forbindelse med kørselsbehov udover det saglige.

Hvis bilisten har et dagligt kørselsbehov, der indebærer lange strækninger evt. ved øget hastighed, kan dette dækkes ved anvendelse af plug-in hybridbil, som vil kunne dække kørselsbehovet på en energi-effektiv måde.

Mobilitet, fleksibilitet og bekvemmelighed skal fra forbrugernes side opfattes på en anden måde end hidtil, og der skal foretages en nøje opvejning af disse faktorer i forhold til økonomi – og miljøbelastning.

### 4.2. Primære behov i forhold til erhvervstransport

I forhold til erhvervstransport spiller lastekapacitet, driftsøkonomi og afskrivninger en afgørende rolle for valg af køretøj. Mange erhvervskøretøjer har et fast køremønster, hvilket giver mulighed for i højere grad at vurdere behovet for optankning af strøm. Endelig kan erhvervskøretøjer evt. forsynes med større batterier, hvilket giver længere rækkevidde. Dette vil imidlertid medføre tungere og indtil videre væsentligt dyrere biler. Det kan tænkes, at fremtidens batterier vil fratage noget lastekapacitet på lastbilerne, og at dette lastetab skal kunne kompenseres ved forbedret driftsøkonomi, således at der ikke opstår et egentligt driftstab.

For erhvervslivet er det af væsentlig betydning, at klimaet og miljøet kan tilgodeses uden mobiliteten og dermed konkurrenceevnen forringes. Erhvervslivet ser her elbilen som en af løsningsmulighederne og er derfor grundlæggende positivt indstillet overfor elbilen. Det skal bemærkes, at en forudsætning for at bevare mobiliteten er, at elbilen kan følge med den almindelige trafik. Det vil ikke udgøre et problem i og omkring byer, men kan være vanskeligere på længere og hurtige strækninger mellem byerne.



### 4.3. Motivationsfaktorer i forhold til elbiler

Udover fleksibilitet og frihed er der en række andre motivationsfaktorer, der driver købere af personbiler. I forhold til køb af elbiler forventes disse i en opstartsfasen at være præget af følgende tre:

**Frontløbere:** Personer eller virksomheder/organisationer, der drives af forekomsten af ny teknologi og/eller miljøaspektet. At bilerne kan køre på vindmøllekraft er et emotionelt faktum, der betyder noget for brugerne. Et nyligt gennemført forskningsprojekt<sup>19</sup> om bl.a. elbiler og brintbiler viser, at miljøaspektet påvirker valget af bil blandt et flertal af brugerne, og at denne gruppe er villig til at betale marginalt mere for en miljøvenlig bil.

**Den økonomiske motivationsfaktor:** Hvis elbilene gøres økonomisk mere attraktive, fx gennem afgifts-differentiering sammen med et lavere energiforbrug, vil det have afgørende betydning for de brugere, der har et kørselsbehov, der kan dækkes af en elbil.

**Fleksibilitet:** Endelig kan en tredje påvirkningsfaktor være hurtig udbygning af infrastrukturen i form af lokationer med mulighed for hurtigladning og/eller mulighed for batteriskifte. Herved understøttes elbilens fleksibilitet og frihed, som vi kender det fra den konventionelle bil.

### 4.4. Kørselsmønstre og behov

I det følgende fokuseres udelukkende på elbiler, da plug-in hybridbiler ikke i samme grad er følsom overfor behovet for opladning af el, da den til en hver tid kan overgå til forbrændingsmotor.

For at vurdere om elbiler er et reelt alternativ til konventionelle biler, skal kørselsmønstret afdækkes. Ved anvendelse af elbiler kan det forventes, at kørselsmønstret ændres for at imødekomme elbilens muligheder og begrænsninger. Denne analyse tager alene udgangspunkt i det eksisterende kørselsmønster for konventionelle biler.

Der findes tre datakilder, der belyser bilernes transportmønster:

- Transportvaneundersøgelsen, TU-data – interviewdata indsamlet dagligt over en årrække. Følger **bilistens** kørselsbehov - ikke bilens aktuelle kørselsmønster.
- AKTA data, der er GPS-baserede data, der følger **bilens** kørselsmønster over en længere periode fra 14 til 100 dage. Undersøgelsen er ikke repræsentativ for den samlede danske personbilspark, da den udelukkende indeholder biler tilhørende familier med en bil, bosiddende i København, som er erhvervsaktive.
- MD Cars, en database over kilometeraflysninger. Udarbejdet i forbindelse med syn. Datasættet anvendes kun i forbindelse med analyse af erhvervskøretøjer.

#### 4.4.1. Personbiler

En elbils mulighed for at opfylde transportbehovet afhænger af batteriets rækkevidde. Derfor belyses elbilens muligheder med udgangspunkt i batterikapaciteter, hvad angår rækkevidde fra 80 til 200 km. Rækkevidden forventes dog ikke at blive udnyttet fuldt ud, da bilisterne næppe vil køre batteriet helt fladt. Analysen tager derfor udgangspunkt i, at bilen udnyttes til, der er 20 kilometer tilbage af rækkevidden. Det forudsættes desuden, at alle biler er opladet til fuld kapacitet fra morgenstunden.

#### Ladning uden for hjemmet

Indtil der er opbygget en infrastruktur for opladning af elbiler, vil det være nødvendigt at fokusere på, om elbilisten kan undgå opladning uden for hjemmet. Ifølge TU-data vil det ikke være nødvendigt for 87 % af befolkningen med kørekort at lade andre steder end hjemme, hvis bilens rækkevidde er 80 kilometer. Hvis rækkevidden er 200 km vil 98 % af bilisterne kunne dække deres daglige kørselsbehov udelukkende ved opladning hjemme.

Som nævnt ovenfor tager TU-data udgangspunkt i bilistens rejselængde og ikke i bilens. I praksis betyder det, at i en husstand med en bil, men hvor to eller flere af husstandens medlemmer med kørekort deles om bilen, må det forventes, at husstandens samlede kørselsbehov er højere end for den enkelte

<sup>19</sup> "Market potential of alternativ fuel cars" udarbejdet i samarbejde med Det Strategiske Forskningsråd og DTU Transport (tidligere DTF), der har projektledelsen, samt COWI og RISØ's Systemanalyseafdeling

bilists. Disse husstande udgør 51 % af alle husstande. Og heraf udgør de 5 % husstande med tre kørekort.

I tabellen nedenfor ses, hvor stor en andel af bilparken, elbilen kan dække i forhold til dagligt kørselsbehov.

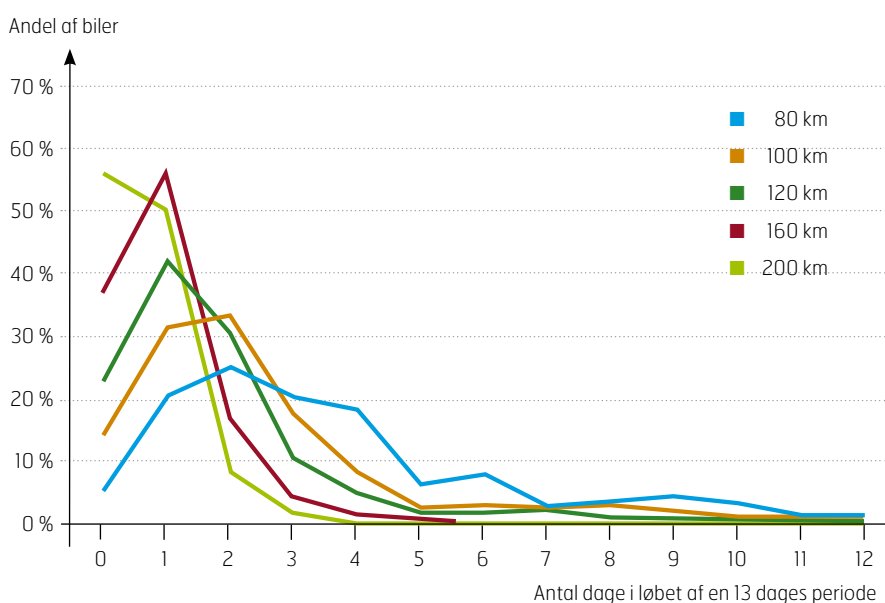
	1 BIL – 1 KØREKORT	2 BILER – 2 KØREKORT	1 BIL – 2 KØREKORT
Antal af personer med kørekort <sup>20</sup>	17 %	16 %	51 %
Bil ej ude	38 %	29 %	21 %
Andel der kun skal lade hjemme ved:			
80 km	79 %	70 %	65 %
100 km	86 %	79 %	75 %
120 km	90 %	85 %	81 %
160 km	94 %	92 %	90 %
200 km	95 %	95 %	93 %
Andel der kører længere	4 %	5 %	7 %

**Tabel 4.1** Oversigt over andelen af bilister der kan nøjes med opladning af elbilen hjemme (TU-data)

Hvis en husstand med to kørekort har to biler, må det antages, at bilerne kører som personer i gennemsnit. Gruppen udgør 16 % af kørekortsindehaverne. Det formodes, at den ene person i husstanden med to biler kører mindre end den anden, hvorfor det antages, at mindst den ene bil ikke vil have behov for opladning i dagstimerne.

Imidlertid giver TU-datasættet ikke mulighed for at vurdere, hvor langt bilerne kører over en længere periode. For at kunne vurdere den variation analyseres AKTA-data. De kan ikke umiddelbart sammenlignes med ovenstående gennemsnitstal for hele populationen, fordi de kun omfatter erhvervsaktive i københavnsområdet. En del af bilerne i AKTA-dataene er fulgt i 13 fulde døgn, mens andre er fulgt over en længere periode. I figurene nedenfor ses, hvor mange dage i en periode på 13 dage, det vil være nødvendigt at oplade i dagtimerne afhængigt af elbilens rækkevidde.

Familie med 1 bil og 2 eller flere kørekort

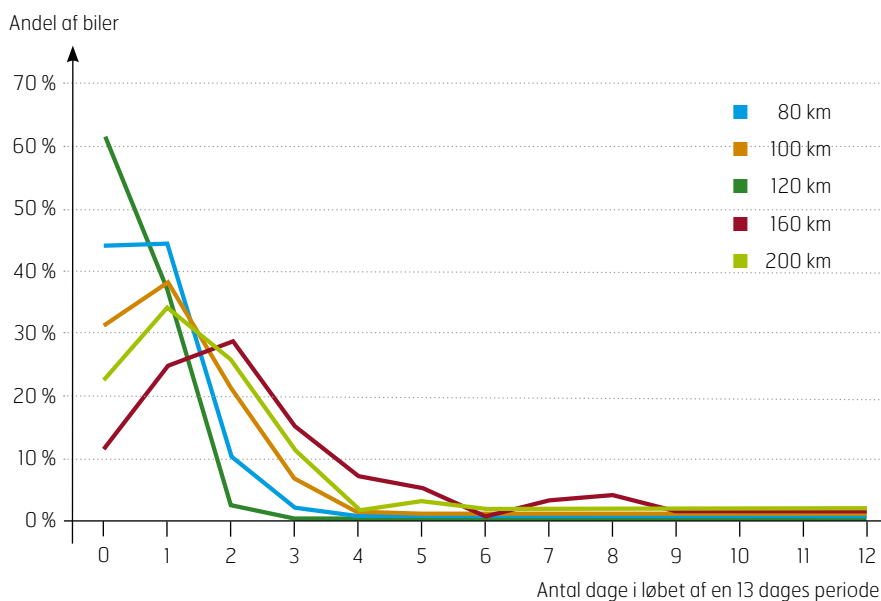


**Figur 4.1** Antallet af dage, hvor det vil være nødvendigt at lade uden for hjemmet for husstande med en bil, men med to eller flere kørekort (AKTA-data)

<sup>20</sup> Den resterende andel er personer med kørekort uden bil, eller flere biler til færre kørekort i en husstand

Med en rækkevidde på 160 km kan en tredjedel af husstandene med flere kørekort og knapt halvdelen af husstande med et kørekort helt undgå at lade uden for hjemmet set over periode på 13 dage.

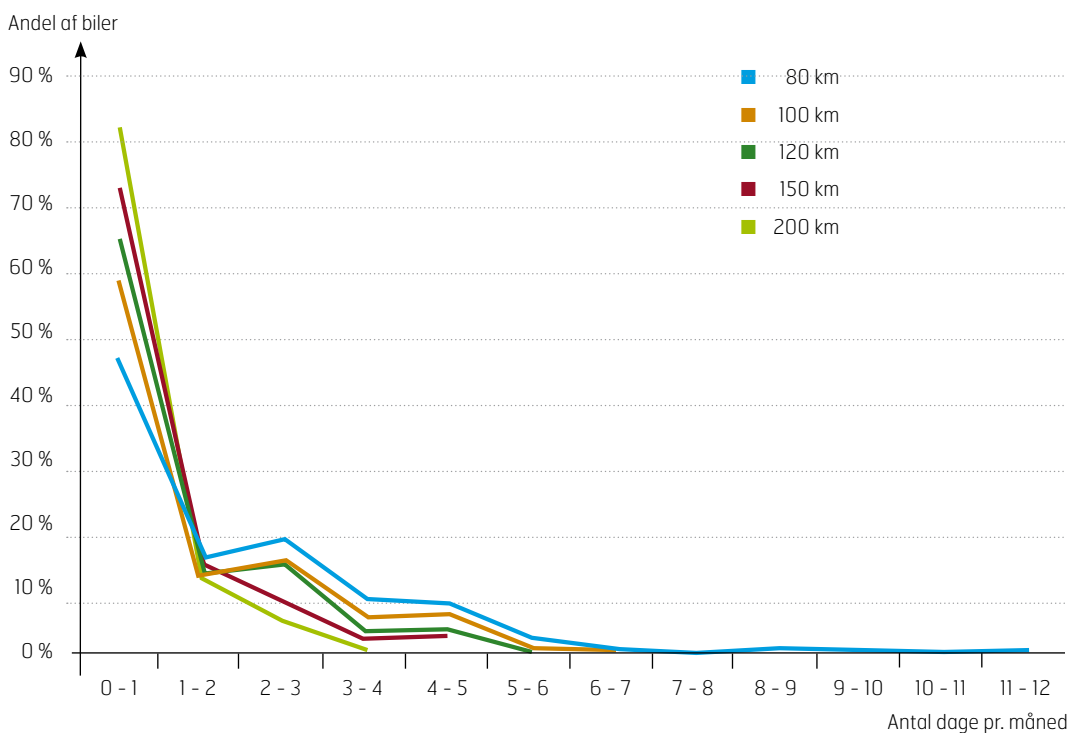
Familie med 1 bil og 1 kørekort



Figur 4.2 Antallet af dage, hvor det vil være nødvendigt at lade uden for hjemmet for husstande med en bil og et kørekort. (AKTA-data)

For husstande med to biler, hvor det formodes, at den ene bil kører mindre end den anden, må det forventes, at denne i en periode på 13 dage vil have behov for at skulle lades uden for hjemmet en eller flere gange – forudsat at kørselsmønstret ikke tilpasses rækkevidden.

Opladning uden for hjemmet



Figur 4.3 Andel af biler der inden for en måned må lade i dagens løb. (Akta-data)

## Behov for hurtigladning

Når infrastrukturen er udbygget, og det er muligt at oplade ved parkering ved arbejdspladser, i p-huse osv. vil de bilister, der har behov for at lade udenfor hjemmet kunne få dækket deres behov.

Det forudsættes, at opladning foregår med 16 A ved 400 V standere både hjemme og i det offentlige rum – såkaldt hurtigladning. Det svarer til, at en rækkevidde på 120 km er opladet fra 80 % afladning til fuld kapacitet på ca. 2,5-3 timer. En bil, der har en kapacitet på 160 km, men ikke er helt afladet, vil således kunne lade på 2,5-3 timer. I begge tilfælde vil opladning med andre ord kunne gennemføres inden for en almindelig arbejdsdag.

Ifølge analyserne på AKTA-data er det under halvdelen af bilisterne, der kan undgå at lade uden for hjemmet inden for en måned, hvis de har en rækkevidde på 80 km, jf. figur 4.3. Hvis rækkevidden derimod er 150 km, er det næsten 75 %, der kan undgå at lade uden for hjemmet inden for en måned. For disse grupper kan elbilen blive et reelt alternativ til en konventionel bil, når tilgængeligheden til almindelige lade-standere er tilstrækkelig høj.

## Lynladning

En gruppe bilister har et dagligt kørselsbehov, der forudsætter adgang til lynladning – måske flere gange dagligt. Lynladning giver ikke mulighed for at lade intelligent. På baggrund af AKTA-data vurderes det, at 14 % af elforbruget til elbiler vil blive opladet ved hjælp af lynladning, hvis bilernes rækkevidde er 120 km. Dette tal vil dog afhænge af sammensætningen af bilparkens rækkevidde, og i hvor høj grad denne er tilpasset til brugernes faktiske behov.

### 4.4.2. Bilernes mulighed for intelligent ladning

Den størst mulige miljøgevinst for elbiler og plug-in hybridbiler opnås, hvis køretøjerne oplades intelligent, det vil sige på tidspunkter, hvor der er overskudsstrøm. I en mere avanceret form vil det være muligt at aftappe strøm fra bilens batteri i spidsbelastede perioder. I tabellen nedenfor er angivet, hvor stor en andel af opladninger, der kan foretages om natten, om dagen og ved hurtigladning hhv. med og uden brug af intelligent opladning.

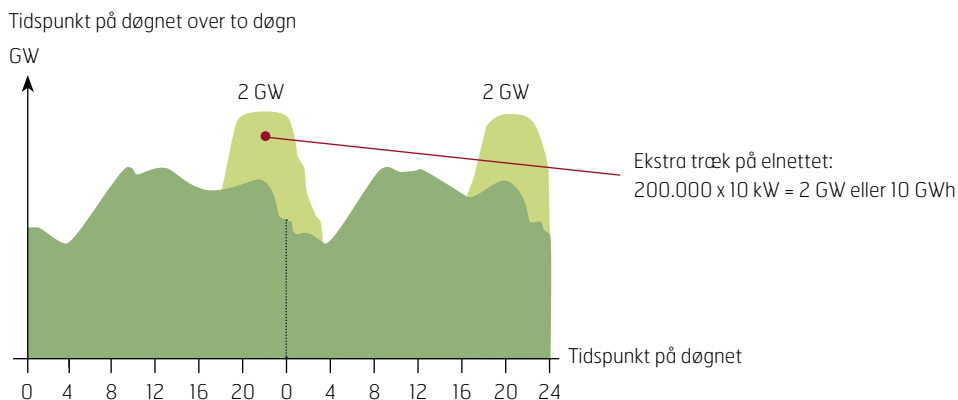
KAPACITET:	200 KM	160 KM	120 KM	80 KM
<b>Uden intelligent ladning</b>				
Ladning om dagen	61 %	60 %	59 %	56 %
Ladning om natten	33 %	30 %	28 %	25 %
Lynladning	6 %	10 %	13 %	19 %
<b>I alt</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>
<b>Med intelligent ladning</b>				
Ladning om dagen	3 %	6 %	11 %	23 %
Ladning om natten	90 %	85 %	76 %	58 %

**Tabel 4.2** Mulig fordeling af opladning af elbiler uden og med intelligent ladning.(AKTA- data)

Den øverste del af tabellen viser, hvordan strømforbruget fordeler sig imellem ladning om dagen og ladning efter den sidste tur om eftermiddagen eller aftenen, hvis der ikke foretages nogen form for regulering. Af figuren ses, at vil det være muligt at oplade op mod 90 % af bilerne, hvis de har en række vidde på 200 km, om natten ved implementering af intelligent opladning.

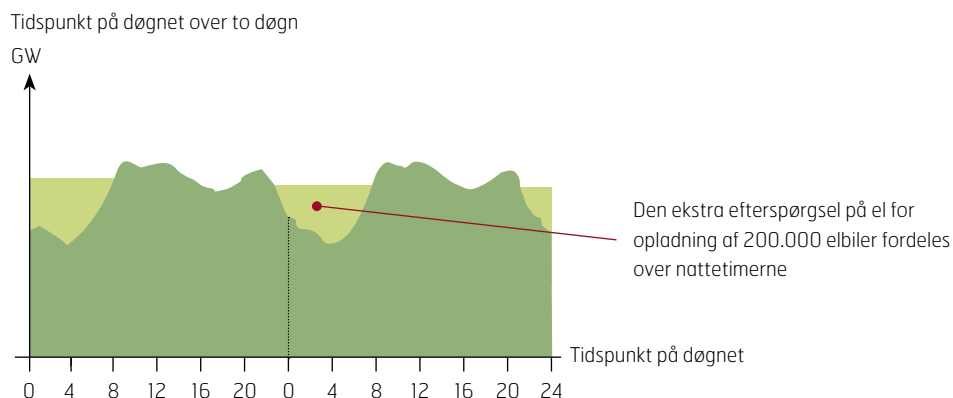
Som det fremgår af figur 4.4, vil opladning af 200.000 elbiler, der ikke gennemføres intelligent, belast elnettet med ca. 2 GW i de i forvejen mest belastede perioder.

Beregningen i tabellen viser kun effekten af at flytte rundt inden for døgnet. Men langt hovedparten af bilerne skal ikke bruge hele natten til at lade, så der vil være gode muligheder for at benytte de tilsluttede bilers batterier til 'mellemlager' i elsystemet eller til at udskyde noget af ladningen.



Figur 4.4 Strømforbrug over døgnet

Hvis flest mulige opladninger gennemføres i nattetimerne, vil det være muligt, at mellem 58 og 90 % af alle opladninger kan foregå i dette tidsrum afhængig af bilernes rækkevidde. Ved denne styring vil den største del af opladningen kunne ligge efter midnat og frem til kl. 05.00, hvor der typisk er overskydende strøm, ligesom det vil være muligt at udnytte store batterier bedre, og således minimere behovet for opladning i dagtimerne. For bilisten betyder det samtidig, at han er næsten uafhængig af at skulle finde opladningsmulighed om dagen.



Figur 4.5 Strømforbrug over døgnet

I figur 4.5 ses, hvordan belastningen på nettet vil være, hvis opladningen foretages intelligent i nattetimerne. Som det fremgår, overstiger efterspørgselen til opladning af 200.000 elbiler ikke den gennemsnitlige efterspørgsel i spidsbelastede perioder.

I disse vurderinger er der alene set på elbiler, da plug-in hybridbilen ikke er afhængig af opladning, da den til en hver tid kan overgå til kørsel ved anvendelse af forbrændingsmotor.

#### 4.4.3. Godstransport og anden erhvervstrafik

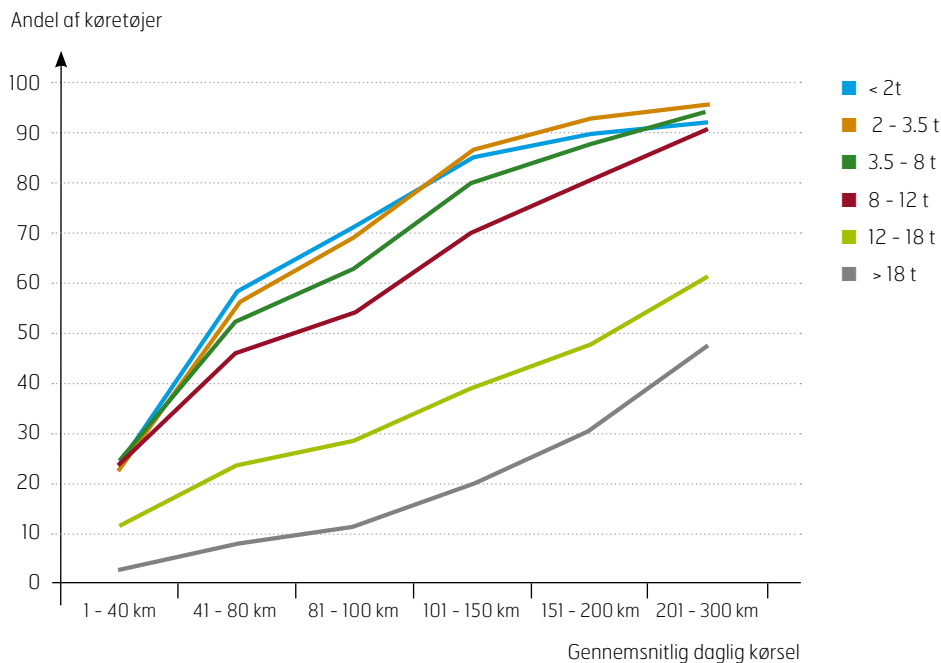
For at vurdere muligheden for at anvende elbiler i forbindelse med indenlandsk godstrafik, er det nødvendigt at tage udgangspunkt i det daglige kørselsbehov målt i antal kilometer.

I figuren nedenfor ses længden på den gennemsnitlige daglige kørsel fordelt på lastbilens størrelse. Det fremgår, at for lastbiler over 12 ton og især over 18 ton er deres daglige gennemsnitskørsel så lang, at de alene af den grund næppe vil kunne dækkes af et elkøretøj. For lastbiler på 12-18 ton er det kun ca. 40 %, der kører under 150 km, når den samlede kørsel fordeles ligeligt over året.

Det er en langt mindre andel af små last- og varebiler, der kører langt. De anvendes primært til distributionskørsel i byerne, håndværkere og lignende. Af varebilerne er det næsten 90 %, der kører under 150 km

dagligt. Af de lidt større lastbiler op til 8 henholdsvis 12 ton er det 80 henholdsvis 70 %, der kører under 150 km. Halvdelen kører endda under 80 km om dagen i gennemsnit.

Af disse beregninger fremgår, at med en rækkevidde på op mod 200 km vil mindst 2/3 af disse mindre vare- og lastbiler kunne overgå til eldrift, forudsat driftsomkostninger og lastekapacitet er uændrede eller bedre.



**Figur 4.6** Fordeling på gennemsnitlig daglig kørsel for vare- og lastbiler, der kører 225 dage om året (MD Cars-data)

#### 4.4.4. Kørselsmønstre og behov – opsamling

- For at kunne imødekomme brugernes behov og forventninger i forhold til mobilitet, fleksibilitet og frihed, skal elbilens rækkevidde forbedres
- Der er behov for, at brugernes aktuelle kørselsmønstre/behov synliggøres for den enkelte bruger og at dette perspektiveres i forhold til elbilens rækkevidde
- I udvalgte brancher og inden for visse dele af den offentlige sektor vil det være nødvendigt med analyser af kørselsmønstre og behov for at kunne overgå til brug af elkøretøjer i erhvervs-sammenhæng
- Der er behov for faktabaseret information om elbilers driftsøkonomi, herunder afgiftsstruktur samt bilernes tekniske egenskaber

21 SP datasættet er lavet af Cowi i 2007/8 til et projekt på DTU Transport om biler der kører på alternative drivmidler – herunder el-biler. Der er dog kun spurgt til rækkevidder, der er 25% mindre end rækkevidden for konventionelle biler. Den estimerede valgmodel anvendes med andre ord på størrelser, der ligger udenfor det anvendte datagrundlag.

## 4.5. Indfasningsmodel

### 4.5.1. Beregningsmodellen

For at fastlægge efterspørgslen efter el- og plug-in hybridbiler i forhold til efterspørgslen efter andre typer af biler kræves en kvantitativ model. DTU Transport har for Dansk Energi, på baggrund af et mindre *Stated Preference* datasæt <sup>21</sup>, opstillet en simpel model, der kan belyse ændringerne i efterspørgslen efter elbiler på baggrund af ændringer i priser, driftsomkostninger og funktionalitet.

Modellen, en multi-nomimial logit model MNL beregner sandsynligheden for, at en valgt bil er en elbil eller en konventionel bil. Valget afhænger af bilkøbernes nytte ved at vælge de forskellige typer af biler. En bilkøber vil således vælge en elbil eller en plug-in hybridbil, hvis nytten ved den valgte bil er større end nytten ved en anden type bil.

Modellen er den første af sin art. Datasættet er lavet i 2007/8 ved, at ca. 5.000 bilkøbere er stillet hypotetiske spørgsmål om deres valg mellem forskellige typer af biler, herunder bl.a. elbiler, ud fra forskellige egenskaber ved disse biler. I alt er der 5.321 observationer af valget mellem elbiler og konventionelle biler.

Modellen tager højde for en række parametre og beskriver således, hvordan sandsynligheden for valg af elbil afhænger af forskellige egenskaber for såvel elbilen som for alternative biler. Den opstillede model tager følgende faktorer med i beskrivelsen af valget:

- Anskaffelsespris
- Driftsomkostninger for benzinbil og for elbil; kr/km og omfatter brændstofomkostninger, afgifter, vedligeholdelsesomkostninger, olie mv.
- Rækkevidde på en optankning/opladning
- "Tilgængelighed" for optankning/opladning
- Tophastighed
- Acceleration

Valget af elbil bliver beregnet som en sandsynlighed. Dvs. når fx prisen reduceres, vil sandsynligheden for at vælge elbil øges.

Den opstillede *Indfasningsmodel* giver en række muligheder for at beregne ændringerne i efterspørgslen efter elbiler, når forskellige initiativer til netop at fremme andelen af elbiler implementeres. De hidtidige analyser har koncentreret sig om sammenhængen mellem enkelte elementer fx prisen eller rækkevidden og efterspørgslen. Modellen giver således mulighed for at analysere initiativer, der kombinerer flere elementer samtidigt.

Modellen indeholder en mindre usikkerhed i form af modelformulering og de estimerede parameter-værdier for parametrene nævnt ovenfor. Efterspørgselsmodellen er trods usikkerheden et stærkere instrument til at vurdere de samfundsøkonomiske omkostninger - investeringer og afgiftsændringer. Hidtidige analyser har været baseret på antagelser om, at de foreslåede initiativer og dermed omkostninger har været tilstrækkelige til at opnå de ønskede effekter. Modellen kan således anvendes til at kvalificere disse tidligere analyser.

Modellen vurderer udelukkende virkningen af tilgængelig opladning, men giver ikke svar på, hvilken type opladning/batteriskift. Da plug-in hybrid bilen til en hver tid kan overgå til drift ved forbrændingsmotor, forventes tilgængelighedskriteriet at vægte mindre for en plug-in hybridbil end for en elbil, men som udgangspunkt har modellen ikke foretaget denne sondring.

### 4.5.2. Tilgængelighed

Et helt centralt parameter i bilkøbernes valg af elbil er mulighederne for at oplade batterierne, dvs tilgængeligheden til opladninger. Jo mere mulighederne minder om traditionel optankning, jo større værdi vil variablen tilgængelighed være. En værdi på 100 % indikerer en tilgængelighed til opladning svarende til tilgængeligheden for konventionelle biler.

Det præcise behov for graden af tilgængelighed er vanskeligt at slå fast, da det dels afhænger af kommende elbilers rækkevidde, og dels af hvor bevidste brugerne er om deres aktuelle kørselsbehov, og hvad opladning til fuld kapacitet hver nat vil betyde.

### 4.5.3. Forudsætninger om konventionelle biler og elbiler i referenceberegningerne

I takt med, at elbiler og plug-in hybridbiler udvikles og masseproduceres, ligesom batteriteknologien udvikles, vil det være forventeligt, at disse biler fra producentens side opnår konkurrencedygtige priser i forhold til konventionelle biler. Derudover har Danmark et afgiftssystem, der kan medvirke til at drive efterspørgslen og dermed markedet i retning af mere energieffektive køretøjer.

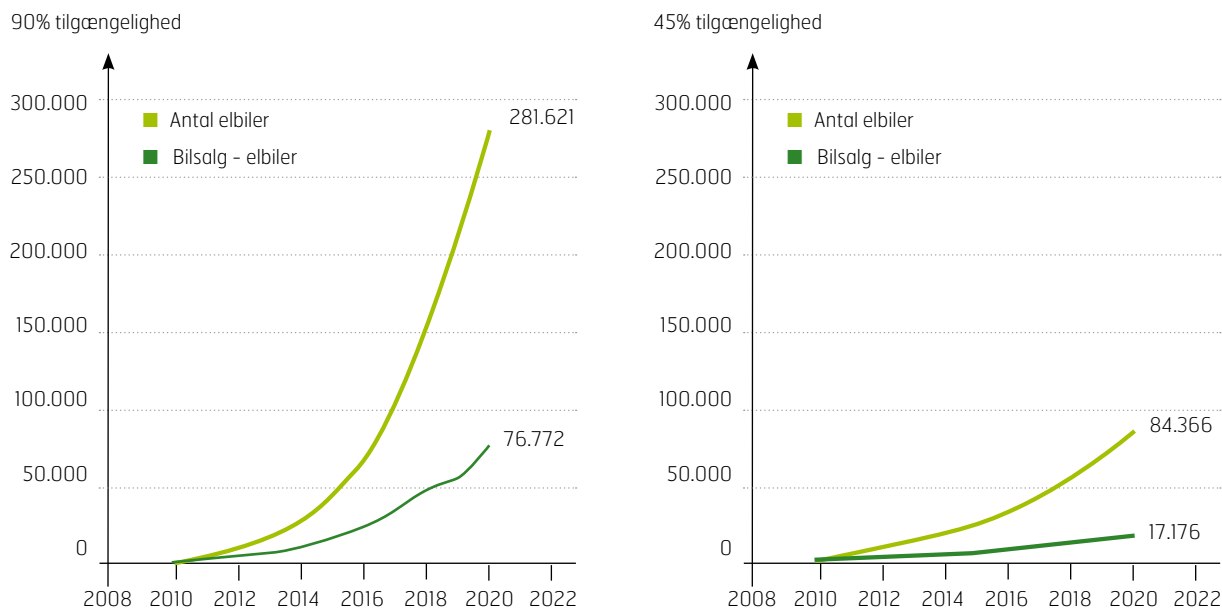
Tophastigheden er ikke den vigtigste parameter i modellen og vil ikke være afgørende for mange elbilskøbere, idet den skal benyttes til by- og pendlerkørsel, hvor hastighed ikke er en afgørende egenskab ved bilen. Tophastighederne rækker fra 65 km/t for MegaCity til 160 km/t for Byd.

Accelerationen fra 0 til 100 km/t spænder fra 10 til 20 sekunder. Accelerationen er i modellen overraskende vigtig for bilkøberne og ligger i "nytteværdiberegningerne" <sup>22</sup> på niveau med fx driftsomkostninger.

I nytteværdiberegningerne stiger betydningen af rækkevidden fra ca. knap 1/3 af værdien af driftsomkostningerne til ca. halvdelen. Dette skyldes, at batterierne forventes at blive bedre, og rækkevidden derfor forøges med ca. 3 % om året.

### 4.5.4. Udvikling i salg og bestand af elbiler

I figur 4.7 vises udviklingen i solget og bestanden af elbiler beregnet med modellen, når der sker en lineær indfasning af tilgængeligheden frem mod 2020, for hhv. en høj tilgængelighed, 90 % og en tilgængelighed på halvdelen af dette niveau. I begge alternativer antages det, at elbiler er afgiftsfritaget efter 2012.



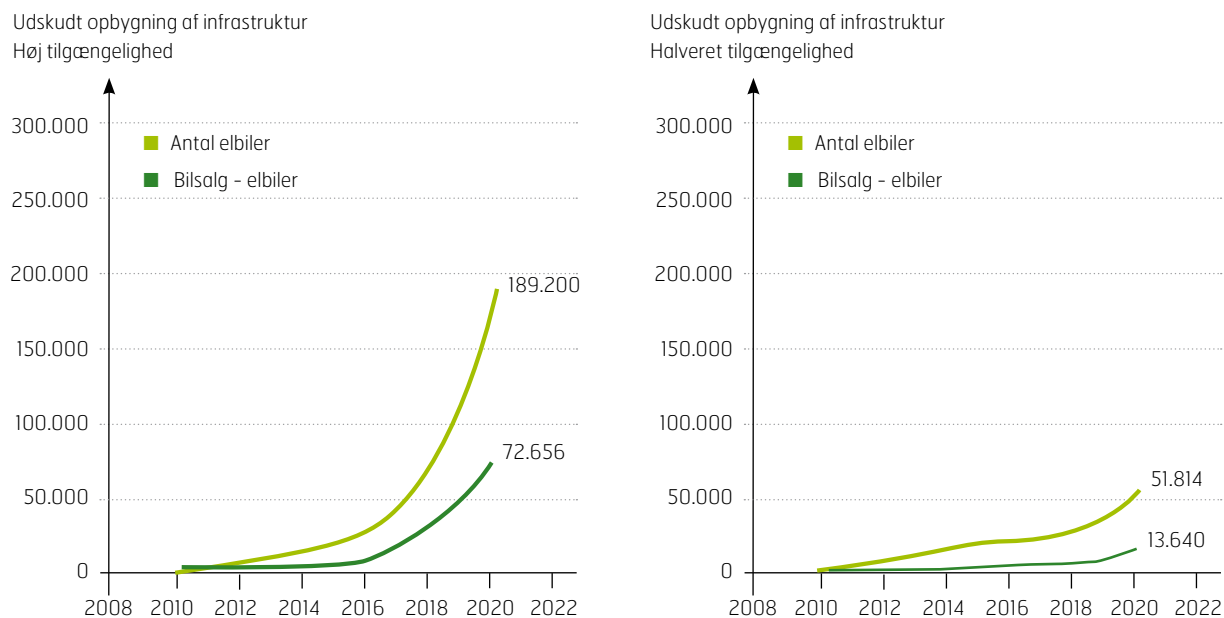
**Figur 4.7** Beregnet udvikling i antallet af elbiler. Venstre side af figuren viser udviklingen ved høj (90%) tilgængelighed af ladefaciliteter, mens grafen til højre viser halveret (45%) tilgængelighed af ladefaciliteter.

<sup>22</sup> Nyttéværdiberegning er den værdi som variabelen har inklusiv parameterværdien. Den samlede nytteværdi angiver således værdien af det aktuelle alternativ og vurderes jf. gennemgangen ovenfor overfor nytteværdien ved de andre alternativer.



Hvis det antages, at der ikke betales afgift af elbiler efter 2015, og tilgængeligheden ligger midt mellem de to niveauer angivet i figur 5.6 ca. 70 % tilgængelighed, vil antallet af elbiler i 2020 nå ca. 200.000.

En forudsætning for disse resultater er, at der påbegyndes investeringer i ladeinfrastruktur allerede i 2010. Hvis investeringerne fx udskydes i fem år, vil der kun være ca. 50.000 elbiler i 2020, hvilket skyldes den akkumulerede effekt, og det noget lavere antal solgte elbiler i de første år af perioden. Udviklingen er illustreret i figur 4.8. nedenfor.



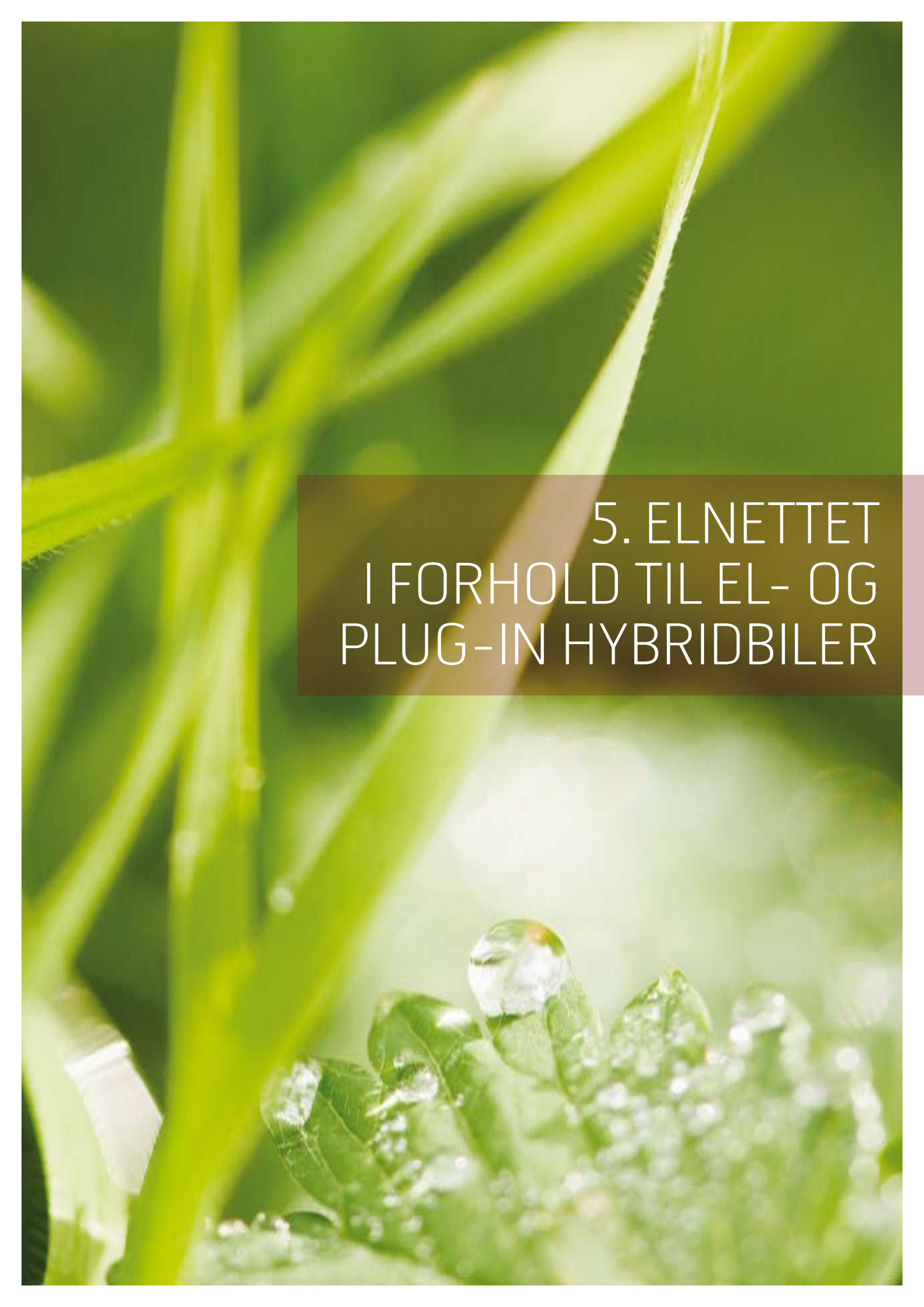
**Figur 4.8** Udvikling i antal elbiler. Langsom investering i tilgængelighed. Høj tilgængelighed (venstre) og tilgængelighed halveret (højre).

Brugere af plug-in hybridbiler har ikke det samme behov for tilgængelighed, da bilen til en hver tid kan køre videre på sin forbrændingsmotor. Derfor må det antages, at disse biler har en hurtigere indtrængningshastighed, under tilsvarende øvrige forudsætninger, men som beskrevet ovenfor har modellen ikke skelnet mellem disse to teknologier.

#### 4.5.5. Indfasning – opsamling

- Tilgængelige opladningsfaciliteter er essentiel i for at opnå større udbredelse af elkøretøjer
- Indfasning af el- og plug-in hybridbiler kan fremskyndes ved afgiftsdifferentiering
- Plug-in hybridbiler forventes at blive indfaset hurtigere end elbiler, da plug-in hybridbiler ikke i samme grad er afhængig af opladningsmuligheder



A close-up photograph of green grass blades, some in sharp focus and others blurred in the background. Several clear water droplets are visible on the blades, particularly in the lower right quadrant. The overall color palette is various shades of green, from light lime to deep forest green.

## 5. ELNETTET I FORHOLD TIL EL- OG PLUG-IN HYBRIDBILER

## 5. ELNETTET I FORHOLD TIL EL- OG PLUG-IN HYBRIDBILER

---

En af de helt store udfordringer i forhold til el- og plug-in hybridbilens introduktion er at udnytte den danske elproduktion optimalt og dermed sikre, at forsyningsnettet kan møde de nye behov, der vil fremkomme i forbindelse med øget efterspørgsel efter el, og ikke mindst intelligent ladning.

I dette afsnit gennemgås muligheder og problemstillinger i forhold til udnyttelse af både elproduktion og elnet.

### 5.1. Elmarked og netbalance

Lovgivningsmæssigt er produktion og handel med elektricitet underlagt konkurrence, mens elnettet og driften af nettet er offentligt prisreguleret. Elnettet er en infrastruktur, som alle brugere af systemet kan benytte sig af.

#### Elmarkedets struktur

Det danske elmarked er en del af det skandinaviske elmarked NordPool. Leveringssikkerheden sikres gennem den ikke kommercielle TSO, Transmission System Operator, EnergiNet.DK. Overordnet og simplificeret kan markedet opdeles i to typer af kommercielle markeder – elspot og regulerkraftmarkedet. Markederne skal sikre, at der opnås energibalance mellem produktion og forbrug, idet der ikke findes lagringsmuligheder for el i det danske elnet.

#### Elspotmarkedet

Elspotmarkedet varetages af den nordiske elbørs NordPool. Dagen før produktionsdøgnet fastlægges produktionen time for time ud fra bud på produktion og efterspørgsel af elektrisk energi. Ud fra efterspørgslen fastlægges produktion blandt de billigste bud, og alle afregnes til den dyreste producent, som bliver aktivret i produktionstimen. Normalt vil private kunder købe gennem distributionsselskaber til en fast pris. Dog er markedets priser blevet synlige hos enkelte distributionsselskaber, som har installeret fjernaflæsningsmålere. Det muliggør 2-vejs kommunikation, og dermed kan den aktuelle pris blive synlig hos forbrugeren.

#### Regulerkraftmarkedet

Elspotmarkedet sikrer imidlertid hverken energibalance i produktionsøjeblikket eller samlet over produktionstimen. Fx kan produktionen fra vindkraften være vanskelig at forudse, idet den hurtigt ændrer sig ved ændrede vejrforhold. Unøjagtige vejrprognoser, anlægsfejl, unøjagtige belastningsprognoser er typiske årsager til den manglende balance i forhold til markedet. Ubalancen reguleres ved aktivering af regulerkraft, dvs. at de enkelte anlæg op- eller nedreguleres afhængigt af ubalancens fortegn.

### 5.2. Opladningskoncepter

Ved en betydelig udbredelse af el- og plug-in hybridbiler vil den samlede belastning af elnettet blive af en størrelse, som vil blive synlig i den samlede belastning over døgnet. Denne opladning vil tidsmæssigt kunne tilpasses den øvrige belastning ved brug af intelligent opladning, men dog i overensstemmelse med kundens behov.

Principielt kan bilernes batterikapacitet opfattes som en form for ellager i elsystemet – et lager vi ikke har i dag.

Dette såkaldte Grid-to-Vehicle-koncept muliggør en lastfordeling over døgnet.



Figur 5.1 Net til bil konceptet (G2V: Grid to Vehicle)

På lang sigt vil batterilageret kunne bruges aktivt, ikke kun som ellager for transport, men også for selve elnettet i situationer, hvor der er behov for opregulering af elproduktionen. Ved en styring af op/afladning af batteriet kan der ved det såkaldte Vehicle-to-grid-koncept opnås såvel en forøgelse som reduktion af nettets belastning.



Figur 5.2 Bil til net konceptet (V2G: Vehicle to Grid)

### 5.3. Opladning af el- og plug-in hybridbiler

Som en særlig egenskab ved elbiler og plug-in hybridbiler er en meget stor energieffektivitet fra energibærer til hjul. Som tommelfingerregel anses elbilen som tre gange mere energieffektiv end en konventionel benzin/dieseldrevet bil<sup>23</sup>. Årsagen til denne forskel er, at der kun er små tab i batterier og det elektriske drivsystem, herunder elmotoren. Forbrændingsmotorer har derimod betydelige tab afhængige af motortypen, diesel/benzin.

#### 5.3.1. Energiforbrug og batterikapacitet

Næste generation af el- og plug-in hybridbiler forventes at have et energiforbrug af størrelsen 0,1 - 0,25 kWh/km afhængigt af bilstørrelsen:

- 0,1 - 0,12 kWh/km for små lette bybiler
- 0,15 - 0,2 kWh/km for mindre familiebiler
- 0,2 - 0,25 kWh/km for MPV-biler

Det forventes, at elbiler vil blive markedsført med rækkevidde på mindst 100 km og sjældent over 200 km. På den baggrund forventes det, at elbiler forsynet med batteripakker fra ca. 15 kWh og op til mere end 50 kWh.

Think City leveres i dag med et nikkel-saltbatteri på 20 kWh, hvilket giver en rækkevidde på 180 km svarende til et forbrug på ca. 0,16 kWh/km. Ovenstående forventningsværdier kan derfor opfattes som konservative i forhold til dagens teknologiske muligheder.

På grund af elbilens høje energieffektivitet afspejles kørselsteknikken langt tydeligere i en elbil end i en bil med forbrændingsmotor. Højere hastigheder medfører umiddelbart et forholdsmæssigt højere energiforbrug.

23 Når virkningsgraden fra elproduktionen ikke medregnes.

### 5.3.2. On board lader

El- og plug-in hybridbiler vil blive udstyret med en on board lader, hvis kapacitet vil afspejle, hvor lang tid det vil tage at lade batteriet fuldt op. Internationalt er der tradition for, at "husholdningsapparater" er 1-fasede, mens det 3-fasede elsystem kun ses industrielt. I Danmark og nabolandene har der været tradition for, at elsystemets 3-faser føres ind til den enkelte husholdning og tidligere sås 3-fasede vaske-maskiner, tørretumblere, komfurer mv. På grund af de internationale markeder ses flere og flere enfasede produkter, således at det kun er komfurer, som fortsat skal tilsluttes flere faser.

Der hersker således tvivl om, hvilken eltilslutning der vil være i næste generation af elbiler. Sandsynligvis vil alle elbiler dog blive monteret med en lavkapacitetslader, som giver mulighed for opladning gennem en standard stikkontakt, dvs. én fase, maks. 13A. Hertil kan så komme en kraftigere 3-faset lader.

### 5.3.3. Ekstern lader

Afhængigt af batterisystemet kan on board laderen suppleres med en mulighed for direkte ladning af batteriet med en ekstern meget kraftig jævnstrømslader. Nogle typer batterier er designet for lynladning. Typisk vil denne type af opladning kunne ske på mindre end 10 minutter, hvilket svarer til at tanke en konventionel bil. Batterier forberedt for lynladning vil på den måde kunne oplades til ca. 80 % af fuld kapacitet. De sidste 20 % kan kun gennemføres ved lavere effekt af hensyn til batteriets holdbarhed. Skal batteriet oplades til 100 % vil den samlede ladetid således forøges. Den samlede ladetid vil afhænge af batteriets sikkerhedssystem.

### 5.3.4. Elsystemets leveringskapacitet

El- og plug-in hybridbilen vil blive monteret med et ladesystem med et eller flere niveauer for ladekapacitet afhængigt af elnettets leveringskapacitet i tilslutningspunktet. Det optimale ville være, at opladningsniveauet automatisk kunne blive indstillet på et maksimalt niveau. Som eksempel kan nævnes Tesla Roadster, hvor ladeniveauet dog kun manuelt kan indstilles på et antal niveauer fra 10 til 70A, én fase.

En indikation, af i hvilken retningen udviklingen går, kan ses i et europæisk forslag til en standardiseret stikforbindelse – det såkaldte Mennekes stik. Dette kan anvendes såvel 1-faset som 3-faset og inkluderer tillige to kommunikationsforbindelser med sikkerheds- og kommunikationsformål. Stikket kan normalt belastes op til 32 A eller med særligt kabel op til 63 A.

Såfremt bilernes ladesystemer designes i henhold til IEC 62196-1 standarden fås relative ladetider som vist i tabel 5.1.

LEVERINGSKAPACITET	ANTAL FASER	EFFEKT (KW)	RELATIV LADETID (%)	BETEGNELSE
10 A	1	2,3	100	Normal ladning
13 A	1	3,0	77	Normal ladning
16 A	1	3,7	62	Ikke aktuel i DK
32 A	1	7,4	31	Ikke aktuel i DK
16 A	3	11,1	21	Hurtig ladning
32 A	3	22,2	10	Hurtig ladning
63 A	3	43,6	5	Hurtig ladning
200 - 400 A	3	100 - 200	0,5 - 1	Lynladning

**Tabel 5.1** Konsekvens af leveringskapacitet for bilens ladetid, som bestemmes af bilens aktuelle ladesystem.

### 5.3.5. Ladepladser og kapacitet

Fra et elforsynings synspunkt vil det være optimalt at få en balanceret belastning, dvs. samme belastning på alle 3 faser. Det taler for en 3-faset tilslutning. Overordnet kan ladepladser, såvel privat som i det offentlige byrum karakteriseres ved, hvilken kapacitet det er muligt at trække fra en given ladestander. Den endelige effekt afgøres af selve bilens lader. Såfremt en elbil forsøger at trække en større effekt, end der kan trækkes fra forsyningen i tilslutningspunktet, vil forsyningen blive afbrudt fx ved at sikringen springer eller tilsvarende.

Der sondres mellem tre typer i forhold til ladepladsens kapacitet: Normal, hurtig eller lynladning.

#### Normal ladning (1 f – 10-13A)

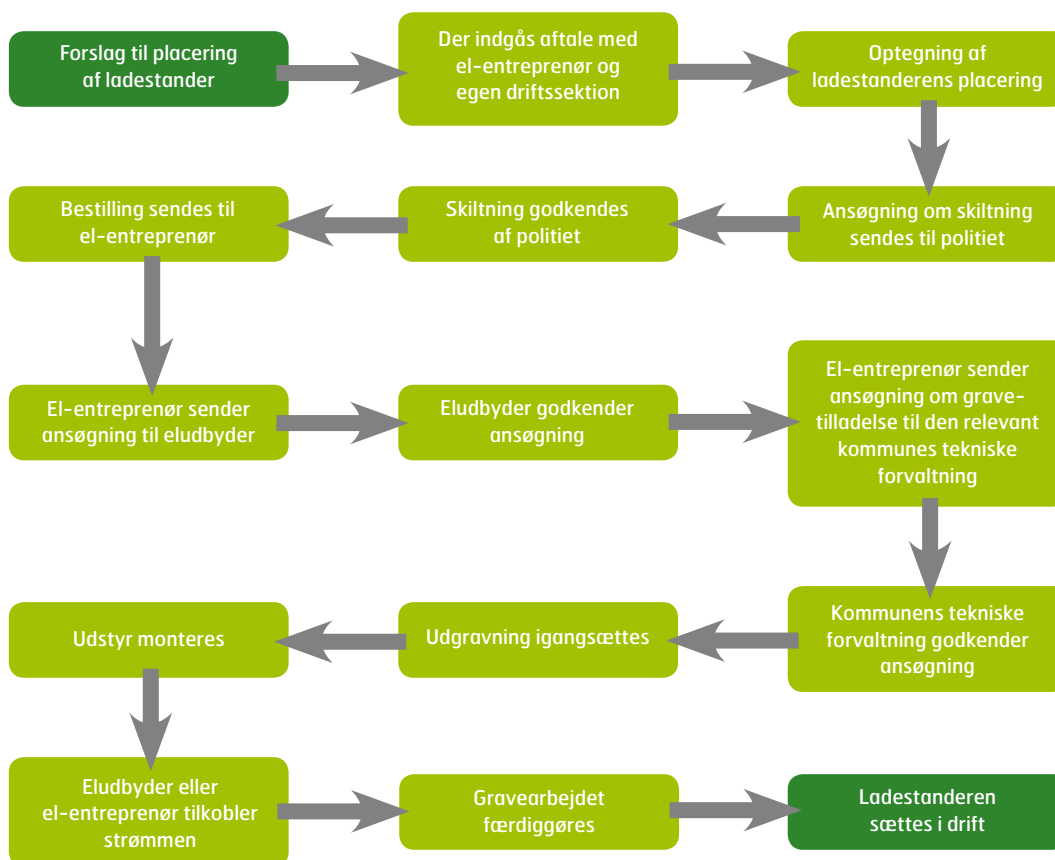
Elbilen må forventes som minimum at blive leveret med en enkel batterilader, som kan tilsluttes en almindelig stikkontakt. Det giver mulighed for opladning steder, hvor en almindelig stikkontakt er tilgængelig. Allerede i dag er der mange steder i det offentlige byrum, hvor der findes stikkontakter til forskellige serviceformål. Tankstationer og lignende vil også have muligheder for at tilbyde pionererne inden for elbiler en stikkontakt for opladning.

Ladestanderne med denne kapacitet vil enkelt kunne etableres på parkeringspladser og i parkeringshuse, uden der skal laves en forstærkning af nettet til forsyning af disse.

I relation til elnettet vil en tilslutning af elbilen til almindelige stikkontakter kun give en beskedent fleksibilitet med hensyn til styring af opladetidspunktet. Ved montering af et simpelt tænd/slukur opnås i bedste fald en opladning i natperioden.

I flere lande er ladestanderne til normalladning under installation i det offentlige byrum. I Oslo er der planer om etablering af op mod 400 ladestanderne, og her har erfaringen vist, at processen fra idé til etablering af ladestanderne er en administrativ tung og langsommelig proces.

#### Proces fra ide til etablering



### Hurtigladning (3f – 16A – 32A – maks. 64A)

Ønsket om hurtigere opladning sandsynliggør, at næste generations elbiler tillige vil blive forsynet med en kraftigere lader, sandsynligvis 3-faset. Denne type ladestander kan forventes etableret på særlige parkeringspladser/parkeringshuse, evt. i forbindelse med arbejdspladser og indkøbscentre.

På arbejdspladser kan der opnås en vis fleksibilitet for, hvornår selve opladningen kan/skal ske. Tilsvarende kan der etableres 3-fasede tilslutningspunkter i private garager ved beboelses-egendomme med en effekt svarende til tilslutning af effektforbrugende husholdningsapparater, dvs. 3 faser - 16A. Ofte vil en kraftigere installation ikke kunne etableres i private huse på grund af lokalområdets net og stikledningens størrelse ind til den enkelte ejendom.

Ved etablering af parkeringspladser, med fx 20 ladepladser med kraftige 3-fasede ladefaciliteter op til 63 A, må der forventes en forstærkning af det lokale net ved etablering af selvstændig transformer tilkoblet distributionsnettet på 10kV. Det levner mulighed for intelligent styring af bilernes opladetidspunkt, idet den nødvendige ladeperiode er forholdsvis kort. På den måde sikres, at belastningen ved opladning af adskillige biler gennemføres på tidspunktet, hvor belastningen ellers er lav.

Bilernes tilslutning kan praktisk ske gennem anvendelse af de standardiserede Mennekes stik. Kabler og stik er rimeligt håndterbare i størrelse, idet kablet for opladning op til 3x32 A vil være ca. 20 mm tyk, mens det for 3x63 A vil være ca. 30 mm i diameter. Imidlertid vil kabler af blot få meters længde blive uhandterlige og ufleksible at have i et bagagerum. Kablet vil derfor skulle fastmonteres i ladestanderen, således at kun tilslutningsstikket i bilen skal være standardiseret.



*Mennekes stik*

Både i Danmark og i udlandet arbejdes der intenst på opbygning af intelligent infrastruktur, som gør det muligt at have et udgangspunkt for at danne et marked og styring af opladningsforløb. Evt. suppleret med et V2G-system, hvor batteriernes strøm kan føres tilbage i etnettet.

### Lynladning (jævnspænding – 200 – 400A)

Der tales ofte om såkaldt lynladning for at imødekomme elbilens rækkevidde. Her oplades batteriet direkte gennem polerne fra en ekstern, tung og kostbar jævnspændingslader. Denne type opladning forudsætter, at batteriet og bilens styresystem er udviklet til formålet. Tanken er, at ladesystemet skal kunne oplade batteriet, mens man venter, hvilket i praksis betyder på mindre end 10 min. Effekten af laderen bliver i størrelsesordenen 100–300 kW med ladestømme på op mod 500 A. Kablet bliver meget kraftigt med en diameter på op mod 50 mm. Stikket skal evt. udvikles specielt til formålet, idet udvalget af eksisterende stik i dette område er meget beskedent og ikke designet til jævnlig tilkobling. Stikket forventes at blive stort og tungt, hvilket kan betyde, at ladeprocessen skal automatiseres.

Installation af lynladere, dvs 100–300 kW, vil kræve sin egen nettilslutning på 10 kV-niveau med tilhørende lavspændingstransformer svarende til en transformerstation forsynende en mindre bydel. Behovet for denne type af stationer ligger primært på motorvejsstrækninger og kunne etableres i forbindelse med eksisterende tankstationer. Kunderne kan som på en tankstation få en lynladning nu og her, evt. til en forhøjet pris. Denne type opladning giver ingen fleksibilitet i forhold til nettet.

Ved lynladning vil batterier kun kunne oplades til 80 % af batterikapaciteten. Af hensyn til batteriernes levetid skal yderligere opladning ske ved en lavere ladekapacitet, hvilket forøger den samlede opladningstid. På trods af dette hensyn må det forventes, at den meget kraftige opladning vil afkorte batterilevetiden.

### Batteriskifte

Batteriskifte kan være et alternativ til lynladning. Det første eksempel på en batteriskiftestation blev præsenteret af Better Place i Yokohama i foråret 2009. I løbet af mindre end et minut kan en platform køre





Batteriskiftestation hvor batteriet udskiftes fra bunden af bilen (Foto: Esben Larsen)

ind under bilen. Bilens batteri bliver frigjort og placeres på platformen. Et andet batteri bliver kørt frem og hængslet under bilen, hvorefter bilen atter er klar med fuldt opladet batteri. Batteriet er placeret på en kraftig plade, der udgør bilens bund. På pladen er der også placeret et styringssystem med kommunikation til bilens computer og batteriskiftestationen. Derudover sidder stikforbindelsen til bilens drivsystem mm.

Den præsenterede batteriskifteproces er enkel og hurtig, hurtigere end at tanke benzin på en tankstation. Det er endnu ikke undersøgt, om elbilskunder vil foretrække denne metode frem for at oplade ved hjælp af stik og kabel, når bilen parkeres ved en ladestander, ligesom der ikke er undersøgelser, der viser, hvor langt man er villig til køre for at skifte batteri.

For at sikre, at der altid er et fuldt opladet batteri til kundens rådighed, må batteriskiftestationen have et vist antal batterier til rådighed. Hvis udbyderen ikke har adgang til lynladning vil det forudsætte, at beholdningen af batterier kan imødekomme den daglige efterspørgsel. Det samme gør sig gældende, hvis opladning af batterierne skal gennemføres ved hjælp af intelligent opladning om natten. Som alternativ til at trække effekten fra nettet, har der været overvejelser i retning af installation af andre typer af energilagringssystemer, som kunne fjerne behovet for øjeblikkelig opladning, men sådanne løsninger medfører konverteringstab.

### Ladesystemer – en oversigt

Samlet kan ladesystemer karakteriseres i et antal grupper med hver deres karakteristika. Det skal nævnes, at denne gruppering endnu ikke er generelt indarbejdet eller standardiseret.

	POWER MAKS (kW)	TYPISK LADETID (h)	STYRING	LOKATION
Normal (Slow)	2,3 - 3,7	4 - 8 timer	Simpel Evt. tænd/sluk ur	Typisk garage og gadeparkering
Hurtig (Quick)	11 - 44	1/2 - 3 timer	Intelligent styring.	Parkeringspladser/ huse (offentlige/ private) med flere ladepladser
Lyn (Fast)	200 - 500	< 10 minutter	Øjeblikkelig opladning	Særlige "tankstationer"
Batteriskifte ( Swap)	Afhænger af antal oplagrede batterier i skiftestationen	< 1 minut	Evt. øjeblikkelig opladning for sikring af kunders adgang til et fuldt opladet batteri	Særlige "tankstationer"

Tabel 5.2 Oversigt over opladningstyper og batteriskiftestation

### 5.3.6. Opladningskoncepter – opsamling

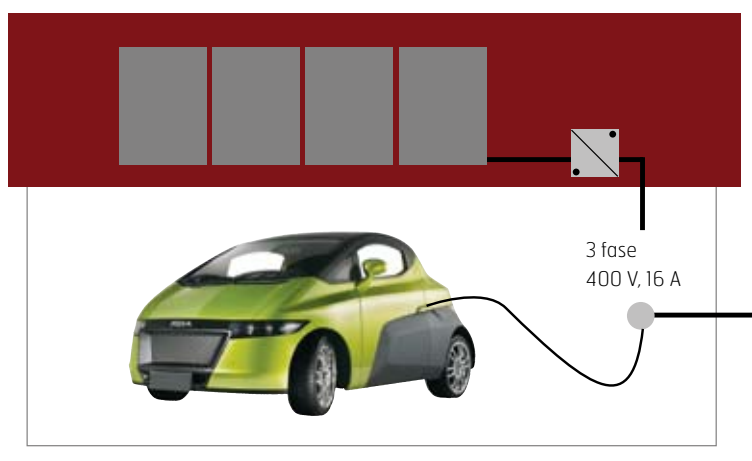
- Bilens stik og kabelføring skal standardiseres af hensyn til den fortsatte udvikling af infrastruktur, dvs ladestandere mv.
- For at opnå en rimelig opladningstid og intelligent ladning skal der stiles mod en standardisering af 3 faser – 16A on board lader
- Lynladning vil være uhensigtsmæssigt for elnettet

## 5.4. Elnetforhold

Der kan opstilles fire scenarier for belastning af netforholdene ved opladning af et større antal elbiler. Som elbil anvendes en større bil med et stort batteri på 50 kWh.

### Simpelt opladningsscenario

I det simple scenarie bliver elbilen tilsluttet et standard kraftudtag, dvs. CEE-stik: 3f, 16A, 10kW, fx som et komfur. Bilen sluttes til en stikkontakt på passende tidspunkt, fx når bilen bliver parkeret i garage eller som gadeparkering efter endt arbejdstid. Bilens størrelse taget i betragtning er den udstyret med en kraftig 3-faset lader, hvilket giver en fuld opladning fra tomt batteri på op til tre timer. Bilerne vil typisk blive stillet til opladning sidst på dagen, hvor belastningen af nettet i forvejen er høj.



Figur 5.4 Simpel opladning

### Intelligent opladning

Såfremt nettet forsynes med intelligente tilslutningsbokse, som muliggør en tidsmæssig styring af opladningstidspunktet, kan merbelastningen flyttes til perioder med lav belastning, fx om natten. Nettet er designet til dette belastningsniveau og vil kunne håndtere disse elbiler uden yderligere investering end de intelligente tilslutningsbokse og dertil hørende systemer.

### Lynladning

Som alternativ til normal ladning vil lynladning kræve en effekt på ca. 300 kW (3f, 400 V, 430A eller som jævnspænding-link: fx 600V, 500A) for at kunne oplade batteriet fuldt på mindre end 10 minutter.

Sådanne ladestationer må forventes at blive etableret som selvstændige stationer analogt til dagens tankstationer. Stationerne vil blive designet og koblet til nettet, hvor den nødvendige effekt er til rådighed.

### Batteriskifte

Som alternativ til lynladning ses muligheden for batteriskifte. Har skiftestationen et tilstrækkeligt antal

batterier, kan der opnås en høj grad af fleksibilitet. Opladningen bør foretages intelligently i løbet af natten over en fem timers periode. I så fald kræves en lader pr batteri af samme størrelse, som den tidligere benævnte on board lader med en kapacitet på ca. 10 kW. I det omfang stationens kapacitet ikke udnyttes fuldt ud til servicering af elbiler, kan stationen designes som energilager for nettet, svarende til V2G-konceptet. Hvis antallet af batterier skæres ned til et minimum, forsvinder fleksibiliteten, og stationen bliver sammenlignelig med stationer for lynladning.

### **Analyse af netforhold**

Ovenstående scenarier viser et antal forventelige problemstillinger i forbindelse med implementering af elbilen i transportsektoren. For bl.a. at få mere detaljerede analyser frem for konsekvenserne af denne udrulning blev i EDISON-projektet etableret. Projektet er finansieret EnergiNet.dk sammen med projektets parter: Dansk Energi, DTU -Elektro, Risø, Transport, Siemens, IBM, Dong Energy, Østkraft, Eurisco. Projektet har til formål at udvikle en V2G infrastruktur baseret på analyser og udvikling af hardwaresystemer til formålet. Konsekvensanalyser for elnettet afhængigt af de forskellige scenarier er således under udarbejdelse, ligesom økonomi og IT-systemer er under udvikling.