

Indholdsfortegnelse

1	Elbil	1
2	Nøgletal for elbiler og andre biler	5
3	Indpasning af elbiler i energisystemet	7
4	Elbiler og transportbehov	7
5	Støtte af elbiler i Danmark og EU	8
6	Behov for standarder	9

1 Elbil

En elbil er en bil, der drives af en eller flere elmotorer, og hvor fremdriftsenergien kommer fra et batterisystem. Batteriet oplades ved tilslutning til elnettet. Opladning af batteriet og udveksling af energi mellem batteriet og elmotoren er kontrolleret af et elektronisk styringssystem. Elbilens rækkevidde afhænger af en række forhold herunder køretøjets vægt og batterisystemets type og karakteristika.

Elbilbatterier

Med dagens batteriteknologi er det muligt at opnå en tilstrækkelig acceleration og tophastighed. De største udfordringer batteriproducenter står overfor er at sikre en tilstrækkelig stor kapacitet af batterisystemet. Batteriet skal endvidere være robust i forhold til slitage. Slitagen opgøres i antal dybe ladecykler, dermed forstås, hvor mange gange batteriet kan tåle at blive fuldt afladt. Batteriet slides mest ved dybe afladninger, men batteriet slides også ved aggressiv kørsel med mange kraftige accelerationer. Tilsvarende er batteriets levetid afhængig af, hvordan det genoplades. Batterisystemerne har en øvre grænse for, hvor hurtigt de kan genoplades, uden at dette nedsætter batteriets levetid.

De mest lovende batterisystemer til elbiler er de såkaldte litium-ion og litium-polymer batterier. Der findes en række forskellige litium-ion batterisystemer på markedet i dag. Der er betydelige forskelle mellem batterisystemerne med hensyn til sikkerhed og robusthed overfor slitage. De litium-ion elbilbatterier, der i dag findes på markedet er funktionsduelige i omkring 1500 dybe afladninger, hvilket ved et normalt kørselsmønster svarer til ca. 10 års anvendelse.

Dokumentnr. 1
Version 1
Udgivelsesdato 29 juni 2009

Udarbejdet VIHU
Kontrolleret MPN
Godkendt MPN

Sikkerhed i elbiler

Sikkerheden i en bil afhænger grundlæggende ikke af, om den er eldrevet eller kører på benzin- eller diesel. Det afhænger mere af bilens konstruktion og dens sikkerhedsudstyr:

- Fabriksbyggede og fabriksombyggede elbiler, der er fremstillet af de store og kendte bilfabrikker, er som udgangspunkt lige så sikre som den pågældende benzin- eller dieselvariant.
- Sikkerheden for ikke-fabriksombyggede elbiler er formentlig ringere end for den oprindelige bil. Dette skyldes bl.a. den større vægt, der giver dårligere køre- og bremseegenskaber.
- Elbiler produceres ofte af alternative bilfabrikanter, der ikke holder samme sikkerhedsniveau som de kendte bilfabrikanter.

EU-Kommissionen er opmærksom på, at der skal indføres nogle ekstra sikkerhedskrav til elbiler, som Kommissionen snarest vil komme med forslag til. Såkaldte *quadricykler* er godkendt efter direktivet om firehjulede motorcykler og opfylder ikke EU-sikkerhedskrav for biler. Deres sikkerhed må anses for at være meget ringe i forhold til almindelige biler.

Tabel 1 Styrker og muligheder ved elbiler

<ul style="list-style-type: none"> • Høj energieffektivitet. De elmotorer, som anvendes i elbiler, har en betydeligt højere energieffektivitet end konventionelle forbrændingsmotorer.
<ul style="list-style-type: none"> • Lavt energiforbrug. Det samlede energiforbrug per kørt kilometer er betydeligt lavere for elbiler end for normale biler.
<ul style="list-style-type: none"> • Klimavenlig. CO₂-udledningen fra elbiler er betydeligt lavere end CO₂-udledningen fra almindelige biler. Den faktiske udledning af CO₂ fra en elbil afhænger dog af, hvordan den el, som køretøjet anvender, er produceret. CO₂-udledningen kan derfor i teorien reduceres til nul ved udelukkende at anvende vedvarende energi til produktion af den el som anvendes i elbiler. Med EUs CO₂-kvotesystem fører et øget elforbrug til elbiler ikke til højere CO₂-udledning fra energisektoren, men til lavere CO₂-udledning i transportsektoren.
<ul style="list-style-type: none"> • Lav påvirkning af lokal luftkvalitet. Der er ingen udledning af miljø og sundhedsfarlige stoffer fra elbilens motor. Udstødningen fra konventionelle forbrændingsmotorer indeholder bl.a. NO_x og partikler, der særligt i større byer er en stor belastning for den lokale luftkvalitet. Da en betydelig del af den eksisterende danske elforsyning er baseret på fossile brændsler, udledes der dog miljøskadelige emissioner fra selve el-produktionen.
<ul style="list-style-type: none"> • Begrænset støj. I forhold til almindelige biler støjer elbiler meget lidt. En omstilling fra normale biler til elbiler, vil medføre en betydelig reduktion af trafikstøj med væsentlige samfundsøkonomiske gevinster.
<ul style="list-style-type: none"> • Simpel motorteknologi. Sammenlignet med konventionelle forbrændingsmotorer er mekanikken i de elmotorer, som anvendes i elbiler, betydeligt mindre kompliceret. Dette betyder, at motordele i elbiler slides mindre hårdt end i almindelige biler, og følgelig er færre reparationer påkrævet.
<ul style="list-style-type: none"> • Lave driftsomkostninger. Som følge af den høje energieffektivitet og det lave energiforbrug er driftsomkostninger per kørt kilometer lavere i en elbil i forhold til konventionelle biler. Den mere simple motorteknologi, transmissionslinie og miljøudstyr, hvor der f.eks. ikke skal skiftes motorolie, -filter og tændrør, og hvor der ikke findes kobling, gearkasse, udstødning, katalysator mv. medvirker ligeledes til lavere driftsomkostninger.
<ul style="list-style-type: none"> • Støtter elsystemet. Elbiler har et stort potentiale for at støtte det eksisterende elsystem ved at lagre overskydende elproduktion fra vindmøller om natten og øvrige tidspunkter på døgnet, hvor elforbruget er lavt. Der arbejdes på at elbilers batterier på sigt vil kunne sende el tilbage til nettet i de timer, hvor der er et stort elbehov.

Tabel 2 Udfordringer og begrænsninger ved elbiler

<ul style="list-style-type: none"> • Rækkevidde. Elbilens rækkevidde afhænger helt overvejende af type og størrelse. De fleste elbiler, der findes på markedet i dag, har en rækkevidde på under 170 km. For at opnå større rækkevidde vil batteriet blive uforholdsmæssigt tungt. En rækkevidde på under 200 km sætter en række begrænsninger i forhold til anvendelse af elbiler: kørsel på lange distancer samt visse typer af erhvervsmæssig benyttelse af køretøjet.
<ul style="list-style-type: none"> • Lang opladningstid. En fuld opladning af de elbiler, der i dag findes på markedet, tager typisk i omegnen af 4-8 timer. Opladningstiden afhænger dog af en række forhold; batteritype, batteriets maksimale kapacitet samt den anvendte strømstyrke. Det er teknisk muligt at lave såkaldt <i>lynopladning</i> af et batteri, hvor batteriet oplades på under en halv time. Sådan lynopladning kan dog dels føre til øget slitage af batterisystemet, dels forudsætter det infrastruktur til at håndtere meget store strømstyrker.
<ul style="list-style-type: none"> • Produktion i små serier. De elbiler og elbilbatterier, der i dag findes på markedet, er alle håndbyggede. Da masseproduktion af elbiler og elbilbatterisystemer fortsat ligger nogle år ud i fremtiden, er der begrænsninger i forhold til hvor store produktserier, det er muligt for producenterne at bringe til markedet. Desuden medfører produktion i små serier en relativt høj styk pris, da det ikke er muligt at udnytte stordriftsfordele i produktionen.
<ul style="list-style-type: none"> • Pris. Produktionsprisen for elbiler er fortsat meget høj i forhold til almindelige biler. Dette skyldes at en række komponenter til elbiler adskiller sig fra normale biler, og derfor i dag ikke masseproduceres. Elbilbatterier udgør i dag en betydelig omkostning. Prisen for et batterisystem til en normal eldrevne familiebil vil ligge i omegnen af 67.000-120.000 kr.¹
<ul style="list-style-type: none"> • Miljøpåvirkninger fra produktion af batterier. Der er betydelige lokale miljøpåvirkninger forbundet med udvinding af den litium, som anvendes i litiumbatterier.² Det diskuteres endvidere, om der er tilstrækkelige litiumressourcer til at dække en markant øget anvendelse af litium i elbilbatterier.³
<ul style="list-style-type: none"> • Sikkerhed i forhold til batterier. Der har været problemer med litium-ion batterier til elektronisk udstyr, hvor batterierne er blevet overophedet og i visse tilfælde er brudt i brand eller eksploderet. Der er dog ikke meldinger om tilsvarende problemer med de litium-ion batterisystemer, som anvendes til elbiler.
<ul style="list-style-type: none"> • Opvarmning og køling af kabinen. I en elbil kræves også energi fra batteriet eller andre drivmidler ombord til opvarmning og køling af kabinen. Benyttes batteriet til produktion af varme eller køling, reduceres batteriets kapacitet, og hvis fossile brændsler benyttes medfører dette udslip af CO₂. Det kan desuden være nødvendigt at isolere kabinen for at holde på varmen/kulden. Dette medfører højere produktionsomkostninger af elbilen.

¹ "Teknologiredegørelse for batterityper til elbiler", under udarbejdelse, COWI, 2009.

² "The Trouble with Lithium 2 - under the microscope", Meridian International Research, 29 May 2008.

³ "Lithium enough for an electric future?", *Batteries & Energy Storage Technology*, Spring 2009, No. 24: 37-48.

2 Nøgletal for elbiler og andre biler

Tabel 1 viser nøgletal for en elbil sammenlignet med en bil i samme størrelse drevet ved henholdsvis benzin, diesel og benzin-hybrid.⁴ Tabellen afspejler beregnet energiforbruget for en mindre mellemklassebil.

Tabel 3 Sammenligning af karakteristika for en bil med forskellige typer brændstof [a]

	Karakteristika	Enhed	Elbil-vind [b]	Elbil-gns. EL	Benzin	Diesel	Benzin-hybrid
Energiforbrug	I bilen (km/l)	km/l [c], [d]	68	68	15	19	25
	Inkl. energi til produktion af drivmiddel	km/l [c]	57	26	12	17	21
	Samlet virkningsgrad [e]	%	65	30	14	19	23
Klima	Udledning af CO2	g CO2/km	0	102	182	142	108
Fordele			Lav eller ingen CO2-udledning Høj energieffektivitet Vedvarende energi Støtte elsystemet og indpasning af vindkraft	Lang rækkevidde	Lang rækkevidde	Lang rækkevidde	Relativ høj energieffektivitet

Kilde: "Alternative drivmidler i transportsektoren", COWI, 2007.

Noter:

[a]: Energiforbrug og udledning af CO2 er gjort sammenligneligt for udvalgte køretøjer. Der er tale om en teoretisk sammenligning af mulige køretøjers karakteristika. Data er baseret på 2006-scenariet i Energistyrelsens rapport om alternative drivmidler.⁵

[b]: Energiforbrug og faktisk CO2-udledning er vist med to yderpunkter for elbiler. Elbil-vind: Elbil, der udelukkende kører på strøm fra vindmøller. Elbil-gns.EL: Elbil, der kører på gennemsnitsstrøm fra elnettet, hvor spildvarmen ikke udnyttes.

[c]: Brændstofforbruget er angivet som benzin-ækvivalenter. Energiforbruget er beregnet i forhold til energiindholdet i benzin (32,9 MJ/l).

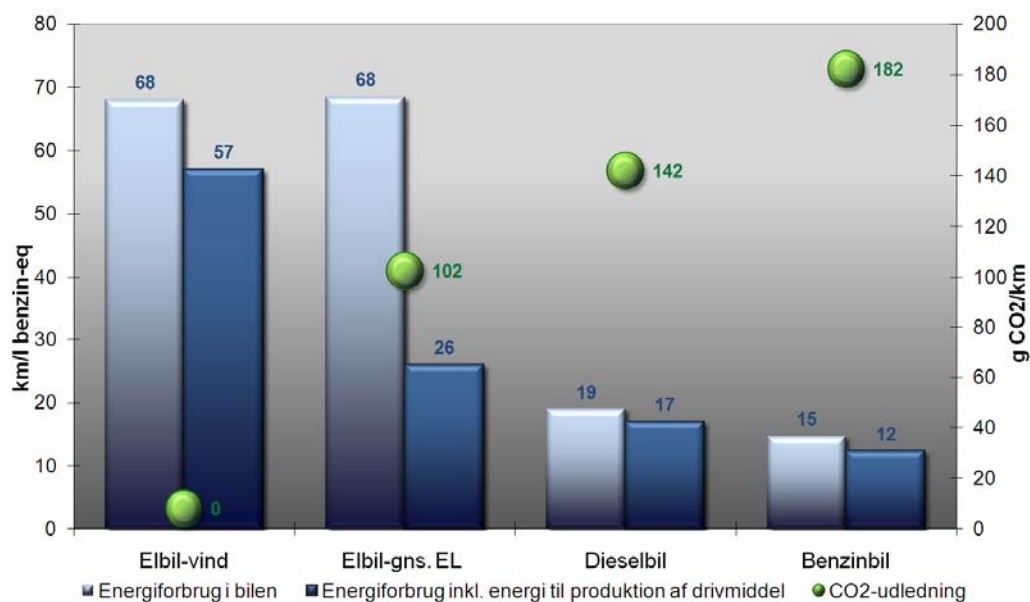
[d]: Den mest praktiske måde at opgøre energiforbruget i en elbil er som km/kWh. Den angivne elbil kører 7,5 km/kWh.

[e]: Den samlede virkningsgrad opgøres som forholdet mellem den energi, der i sidste ende overføres til hjulet, og det samlede energiinput inklusiv tab og energi til produktion af drivmiddel.

⁴ Benzin-hybrid biler har både en konventionel forbrændingsmotor og en elmotor. Elmotoren drives af et batteri, som sædvanligvis lades når forbrændingsmotoren er i gang, eller når der bremses ned ved såkaldt regenerativ nedbremsning.

⁵ "Alternative drivmidler i transportsektoren", COWI, 2007.

Figur 1 Energiforbrug og CO2-udledning for elbiler almindelig bil



Kilde: "Alternative drivmidler i transportsektoren", COWI, 2007.

Note:

Energiforbrug og faktisk CO2-udledning er vist med to yderpunkter for elbiler. Elbil-vind: Elbil, der udelukkende kører på strøm fra vindmøller. Elbil-gns.EL: Elbil, der kører på gennemsnitsstrøm fra elnettet, hvor spildvarmen ikke udnyttes.

Tabel 4 Sammenligning af karakteristika for en eksisterende elbil i forhold til udvalgte diesel- og benzinbiler

		Enhed	Mitsubishi i-MiEV	Think City	Toyota 1.0 VVT-i iQ (benzin)	Toyota 1.4 D-4D DPF iQ2 (diesel)
Rækkevidde	Rækkevidde per opladning eller tankning	km	144	170	777	875
	Energiforbrug [a], [b]	km/l	82,3	60,9	22,2	22,9
	Energiforbrug	km/kWh	9,0	6,7	2,4	2,5
Økonomi	Anskaffelse [c]	kr	298.125 [d]	285.000	143.633	181.240
	Drivmiddelomkostninger [e]	kr/km	0,22	0,30	0,45	0,34

Kilder: <http://www.toyota.dk/>; <http://www.think.no/>; <http://www.imiev.dk/>; personlig kommunikation med Richard Waitz, Think Global; personlig kommunikation med Tobias Gerster, Mitsubishi Danmark.

Noter:

[a]: Brændstofforbruget er angivet som benzin-ækvivalenter. Energiforbruget er beregnet i forhold til energiindholdet i benzin (32,9 MJ/l).

[b]: Toyota 1.4 D-4D har et energiforbrug ved blandet kørsel på 25,0 km/l diesel. Toyota 1.0 VVT har et energiforbrug ved blandet kørsel på 22,2 km/l benzin.

[c]: De angivne priser er de vejledende forhandlerpriser inkl. skatter og afgifter. Elbiler er i Danmark afgiftsfritaget frem til 2012.

[d]: Mitsubishi i-MiEV bliver lanceret på det japanske marked i løbet af sommeren 2009, og forventes introduceret på det danske marked sidst i 2010. Prisen uden afgifter på det japanske marked bliver USD 45.000.⁶ Der foreligger intet dansk prisestimat af bilen. Den angivne pris er beregnet ud fra den japanske markedspris inkl. dansk moms. Der er tale om et meget usikkert prisskøn. Omregningsfaktoren er 1 USD = 5,3 DKK.

[e]: Beregnet på baggrund af følgende drivmiddelpriser; benzin: 10 kr/l, diesel: 8,5 kr/l, el: 2 kr/kWh.

De valgte køretøjer er biler i samme størrelse. Think City er en lille 2-sædersbil (bilen vil også blive produceret i en 2+2-sædersvariant). Mitsubishi i-MiEV er en lille 4-sædersbil. De valgte diesel- og benzinbiler er henholdsvis en diesel- og en benzinvariant af en lille 4-sædersbil.

3 Indpasning af elbiler i energisystemet

Elbiler har et stort potentiale i forhold til at lagre overskydende elproduktion fra vindmøller. Energinet.dk anbefaler, at der udvikles et intelligent samspil mellem elbiler og energinet, således at det bliver muligt at oplade elbilen på de tidspunkter af døgnet, hvor produktionen af vindkraft er høj, og hvor elprisen er lav.⁷

Tabel 5 Scenarier for opladning

<ul style="list-style-type: none"> • Ikke-indpasset i elsystemet. Sker opladningen af elbiler på de tidspunkter af døgnet, hvor efterspørgslen efter strøm er høj, vil elbiler derfor føre til en øget belastning af elnettet. Den øgede efterspørgsel efter el kan medføre betydelige omkostninger til etablering af nye kraftværker og elforbindelser til udlandet. En stor del af den anvendte el vil være produceret fra fossile brændsler, hvilket vil medføre en relativt høj CO₂-udledning.
<ul style="list-style-type: none"> • Indpasset i elsystemet. Finder opladningen af elbiler sted, når produktionen af vindenergi er høj og den almindelige efterspørgsel efter el er lav, vil dette betyde en forbedring af energisystemet. Den anvendte el vil være produceret af en relativt høj andel af vedvarende energi og udledningen af CO₂ lav.
<ul style="list-style-type: none"> • Fuldt integreret i elsystemet. Udstyres elbilerne med et system, der muliggør intelligent samspil med energisystemet, vil det være muligt at lagre vindenergi, når vindproduktionen er høj. Når elbilen ikke anvendes og er tilsluttet elnettet, kan den lagrede el føres tilbage til elsystemet på de tidspunkter af dagen, hvor efterspørgslen efter el er størst.

4 Elbiler og transportbehov

En undersøgelse af danskernes transportvaner fra 2006 viser, at i langt hovedparten af de daglige ture, som tilbagelægges i personbiler, er den kørte afstand under 50 km. Kun i godt 6 % af alle daglige ture er den kørte distance over 50 km. Opgjort for førere af personbiler var den gennemsnitlige dagligt kørte afstand i 2006 i

⁶ <http://www.reuters.com/article/mnGreenAutos/idUS164173008820090605>

⁷ "Effektiv anvendelse af vindkraft baseret el i Danmark. Samspil mellem vindkraft, varmepumper og elbiler", Energinet.dk, 2008.

intervallet 27-43 km per person per dag.⁸ Dette viser, at trods elbilers begrænsede rækkevidde, er en elbil med en rækkevidde på 140-170 km i stand til at dække langt den overvejende del af danskernes daglige kørselsbehov.

5 Støtte af elbiler i Danmark og EU

Blandt de væsentligste aspekter af den danske indsats i forhold til elbiler kan bl.a. nævnes:

Afgiftslempelse. En grøn omlægning af den samlede bilbeskatning sigter imod at nedbringe transportsektorens CO₂-udledning. Elbiler er derfor fritaget for registreringsafgift frem til 2012. Regeringen har desuden foreslået, at elbiler i perioden 2012-15 afgiftsmæssigt begunstiges med en markant lavere registreringsafgift end andre biler i det omfang, det er nødvendigt for at sikre en introduktion og udbredelse af elbiler i Danmark. Fra 2015 indføres grøn kørselsafgift, hvor et af de bærende principper, er at de mest miljøvenlige og energi-effektive biler beskattes mindst.⁹

Energistyrelsens forsøgsordning for elbiler. I perioden 2008-2012 gives der statslig tilskudsordning på i alt 35 mio. kr. til forsøg med elbiler hos flådeejere. Målsætningen med forsøgsordningen er at få konkrete og praktiske erfaringer med drift af elbiler. Forsøgsordningen sigter imod at tilvejebringe mangfoldig viden om anvendelse af forskellige typer elkøretøjer.¹⁰

EDISON-projektet. EDISON-projektet er et forskningsprojekt, der har til formål at bidrage med at udvikle den infrastruktur, som vil muliggøre en udbredelse af elbiler i stor skala. Dette omfatter en undersøgelse af, hvordan elbiler bedst indpasses i elsystemet. Bag EDISON-projektet står DTU/CET, IBM, Risø DTU, Siemens, Dong Energy, Østkraft (Bornholm), Eurisco og Dansk Energi.

Private aktørers udrulning af infrastruktur til elbiler. Da den bedste indpasning af elbiler i elsystemet sker ved opladning om natten, bør opladning finde sted ved hjemmet. Dette forudsætter, at der etableres en infrastruktur til opladning af elbiler. Better Place Danmark er et eksempel på en privat kommerciel aktør, der er ved at etablere en infrastruktur for opladning af elbiler ved særlige ladestandere. Disse ladestandere påtænkes opsat ved parkeringspladser nær beboelsesejendomme og arbejdspladser, ved trafikknudepunkter, ved indkøbscentre m.v. Better Place Danmark er samtidigt i færd med at udvikle en løsning på elbilers begrænsede rækkevidde. Ideen er at tilbyde udskiftning af elbilens batteri. På særlige batteriskiftestationer erstattes batteriet med et opladet batteri i en automatiseret og hurtig pro-

⁸ Transportvaneundersøgelsen: <http://www.dtu.dk/centre/modelCenter/TU.aspx>

⁹ "Bæredygtig transport - bedre infrastruktur", Regeringen, 2008.

¹⁰ http://www.ens.dk/da-DK/KlimaOgCO2/Transport/Forsøgsordningen_for_elbiler/Sider/Forside.aspx

ces.¹¹ Ved at placere sådanne batteriskiftestationer med passende afstand, vil det være muligt at udvide elbilens rækkevidde betydeligt.¹²

I EU anvendes følgende virkemidler til fremme af elbiler:

Det syvende rammeprogram for forskning og udvikling og programmet Intelligent Energy-Europe vil kunne støtte elbiler og infrastruktur i det omfang de falder indenfor gældende støtteområder og -formål.

EUs CO₂-kvotesystem bevirker at indfasning af elbiler flytter CO₂-transportemissioner fra at være et nationalt problem til at blive omfattet af EUs CO₂-kvotesystem.

Vedvarende energi (VE) baseret el til elbiler tæller med en faktor 2,5 i opfyldelsen af VE-målet om 10 % VE i transport i 2020.

Elbiler tæller med en forhøjet vægt i bilfabrikkernes opfyldelse af målet om 120 g CO₂/km. Udover generelt at tælle som 0-emissionsbiler tæller de i perioden fra 2012-2015 med en højere faktor end 1, jf. nedenfor. Det indebærer et styrket incitament til bilfabrikkerne til at producere elbiler: 3,5 biler i 2012; 3,5 biler i 2013; 2,5 biler i 2014; 1,5 biler i 2015; 1 bil fra 2016.

6 Behov for standarder

Der er et stort behov for udvikling af internationale standarder for tilslutning til elnettet og for kommunikation mellem elbiler og elsystemet. Fælles standarder kan sikre at elbiler, batterier og stik passer sammen og at opladningen så vidt muligt sker på gunstige tidspunkter for elsystemet, f.eks. om natten og når det blæser meget, så det er muligt at benytte elproduktion fra vindmøller. En proces for udvikling af internationale standarder for elbiler er iværksat. Der vil dog gå nogle år før disse standarder bliver fastlagt.

¹¹ Better Places forretningsmodel er at Better Place ejer og vedligeholder litium-ion batterier til elbiler, og at elbilejeren tegner et abonnement for kørsel. Dette abonnement omfatter omkostning til el og leje af batteriet.

¹² <http://www.betterplace.com/danish/>