

Vi kræver el-biler nu!

Af Per Praëm – Dansk Elbil Komité

Resumé:

El-biler er ingen ny opfindelse – faktisk kom de før den nuværende benzin bil. Omkring år 1900 var hovedparten af de biler, som fandtes elektriske. Introduktionen af den elektriske startmotor (Cadillac 1913) gjorde at benzin bilen fik overtaget. El-bilen var begrænset af tunge batterier med ikke særlig stor kapacitet med deraf begrænset aktionsradius.

Siden man omkring 1860 opfandt det opladelige bly-syre batteri har der stort set ikke sket nogen nævneværdig udvikling på dette område. Men introduktionen af den bærbare computer og ikke mindst mobiltelefonen har de seneste 10 år drevet batteriudviklingen til nye højder. Dette set i sammenhæng med udviklingen inden for power-elektronik, gør at vi i dag har teknologien til at lave en fornuftig (næsten) forureningsfri el-bil.

Der er bare den hage ved hele sagen at man ikke kan købe en sådan bil i dagen Danmark, fordi bilfabrikkerne ikke vil udvikle og producere biler, som folk ikke vil købe. Modsat er der ikke købere til et produkt som ikke findes på markedet.

Så for at få vendt denne udvikling er det nødvendigt med politisk indgriben. Derfor har en række europæiske el-bils organisationer gået sammen om en underskrift indsamling (se www.cleanvehicle.com), hvor man kræver at EU griber ind:

"- to set up a large programme for development and demonstration of battery-electric and hybrid electric vehicles, so as to highlight their respective and immediate benefits for energy economy and emission reduction, while eliminating the burdens restricting these technologies from real market access."

Det er batterierne, som giver bilens egenskaber:

For at forstå el-bilens begrænsninger skal man kigge på batterierne. Mange forskellige videnskabelige undersøgelser¹ har vist at en almindelige 4 personers familie bil med en egenvægt på ca. 1000 kg skal bruge omkring 120 Wh/km (målt fra batteri til vej). Dette betyder at hvis man vil konstruere en sådan bil med en rækkevidde på 300 km per opladning, så skulle batteriet indeholde en energi mængde på 36 kWh.

Bly-syre batterier

Bly-syre batteriet blev opfundet I 1859 af en fransk fysiker ved navn Gaston Planté. Det er den ældste batteri type indenfor de galvaniske celle typer. På trods af at det har det næstlaveste energi-til-vægt forhold (Nikkel-Jern batteriet er lavere) og en tilsvarende lav energi-til-volume forhold, så udmærker bly-syre batteriet sig ved at kunne give ret høje (start)strømstyrker. Dette sammen med en lav kostpris gør bly-syre batteriet ideelt til at drive startmotoren i en almindelig benzin bil.

Bly-syre batteriet udviser i moderne konstruktion en energitæthed på op til 35 Wh/kg ved en konstantstømsafledning over 5 timer. Men i praktisk anvendelse i et elkøretøj med skiftende og til tider høje effekter må man regne med omkring 25 Wh/kg.

¹ F.eks.: Idaho National Laboratory (2005) "Comparing Energy Costs per Mile for Electric and Gasoline-Fueled Vehicles" *Advanced Vehicle Testing Activity* [report at avt.inel.gov](http://report.atv.inel.gov)

Bly-syre = 1440 kg batterier

Hvis vi ønsker at realisere vores 4 personers familiebil med bly-syre batterier skal der benyttes 1440 kg for at opnå en energimængde på 36 kWh. Det er urealistisk og vores antagelse om at fremdriften koster 120 Wh/km holder ikke længere stik fordi bilen ender med at veje op mod tre tons.

Bly-syre batterier (i mindre mængder 300-500 kg) vil kunne bruges til at bygge elkøretøjer med. Man kunne definere dem som havende som 60/60 egenskaber. 60 km kørestrækning ved maks. 60 km/t. Talene før og efter strengen kan selvfølgelig ændres, men kun på den måde, at når man hæver det ene, så siger naturlovene at det andet må sænkes tilsvarende. Man kan således godt bygge en el-bil med bly-syre batterier, som kan køre over 100 km/t, men så bliver dens rækkevidde tilsvarende kortere.

En anden stor ulempe ved bly-syre batteriet er at det ikke er egnet til dybe afladninger. Hvis man undgår at mere en halvdelen af den energi, som er gemt i batteriet, så vil man kunne forvente en levetid på 300-500 ladeacykler. Aflader man det til 0% hver gang, så er batteriet dødt allerede efter 10 forsøg.

Nikkel-Cadmium batteriet

Nikkel-Cadmium batteriet (også kendt som NiCd) er et populært opladeligt batteri. Det har i mange år været brugt i transportabelt elektronisk udstyr. Det har da også været brugt i "anden generations" el-biler, som bl.a. Citroën, Peugeot og Renault introducerede her hjemme i starten af 90'erne.

NiCd = 800 kg batterier

NiCd-batteriet egner sig på mange måder godt til elkøretøjer. Det har næsten dobbelt så stor en energitæthed som Bly-syre – nemlig 45 Wh/kg, og det mister ikke nær så meget kapacitet når temperaturen kommer under frysepunktet.

Men tæt på 1 tons batterier er stadig lidt i overkanten. De el-biler der kom i starten af 90'erne "nøjes" da også med omkring 300kg, hvilken gav dem en rækkevidde på 80-100 km på en opladning, hvilket faktisk er mere end gennemsnitsdanskeren køre hver dag til og fra arbejde. Da bilen kan lade op på mindre end 8 timer, så kan man sagtens leve med sådan en bil i det daglige (hvilket vi for øvrigt er mange der gør).



Selv om NiCd batterierne er ca. 10 gange dyrere end bly-syre batterierne i anskaffelse, så opnår de alligevel en bedre økonomi end bly-syre batterierne idet deres levetid er helt oppe på 2000 ladeacykler. Tager man f.eks en Citroën Saxo Electric som har 264 kg NiCd batterier til en anskaffelsespris af 100.000 kroner, så vil regnskabet, når det gøres op give 2000 opladninger af minimum 75 km = over 150.000 km – svarende til en udgift på 75 øre pr. km.

En alvorlig ulempe ved NiCd-batterierne er dog den såkaldte "Memory-effekt", hvilket betyder at batteriet mister sin kapacitet, hvis det ikke aflades helt ned til 0 % hver gang før en ny opladning påbegyndes. Det betyder at man ofte må "smide en restladning væk" ved at ligge og køre unødige kilometre inden bilen oplades på ny.

En anden ulempe, som faktisk ødelagde hele det pionérarbejde, som Citroën Danmark gjorde for el-bilens udbredelse i Danmark i årene 1995-2000, er det faktum at NiCd batterier ikke kan tåle at stå ubenyttet hen. Hvis batterierne ikke benyttes regelmæssigt, så har de tendens til at udvikle dendritter (tynde ledende krystaller) som kan forårsage interne kortslutninger i batteriets enkelte celler meget længe før de 1000 til 2000 lade cykler er nået. Dette skete for mange af de el-biler med NiCd-batterier af fabrikat Saft, hvilket kostede Citroën store summer i erstatning, idet man havde lovet fem års garanti på batterierne. Omkring år 2000 har Saft forbedret den separator, som ligger mellem pladerne, så de nye batterier skulle være mere immune overfor det problem.

Endelige lider NiCd batterierne af at de indeholder det giftige stof Cadmium, derfor har EU-kommissionen i 2005 forbudt anvendelse af NiCd- batterier i nye biler (Eksisterende biler må gerne få udskiftet NiCd batterier, når de gamle ikke kan mere).

Nikkel Metal Hydrid Batteriet

Nikkel Metal Hydrid (NiMH) er en type opladeligt batteri, som er i familie med NiCd batteriet, men man benytter brint absorberet i en metal legering som anode i stedet for det giftige Cadmium. Katoden er stadig Nikkel. NiMH batteriet har en energitæthed som er op til 2 til 3 gange mere end NiCd batteriet og samtidig har det ikke den kedelige "memory-effekt".

Specielt de sidste to år har kapaciteten af NiMH batterier øget voldsomt. For år tilbage havde NiMH ca. den samme kapacitet som NiCd, og man regnede et opladeligt AA-element til ens digital kamera, for at have omkring den halve kapacitet af et tilsvarende (ikke opladeligt) alkaline element. I dag kan man se NiMH elementer af AA-størrelsen på over 3200 mAh (mod ca. 1000 mAh i alkaline).

NiMH = 400 kg batterier

Med en energitæthed på 90 Wh/kg (det er den nået til her i 2006 og den er stadig stigende), så kan vores ønskede rækkevidde opnås med 400 kg batterier, hvilket faktisk er indenfor det lade-sig-gørelige. Da GM 1994 introducerede deres svar på den Californiske Air Pollution lovgivning – bilen EV1, var den udstyret med 1175 kg bly-syre batterier (29 kWh), hvilket på trods af en totalvægt på næste 1600 kg, gav en rækkevidde på 125 km.

I 1999 havde man fået udviklet NiMH batterier til EV1, hvilket reducerede batterivægten til 481 kg, herved opnåede man en rækkevidde på 225 km på en opladning, og det for en bil som kan accelererer fra 0 til 80 km/t på 6,3 sek., samt en topfart på 130 km/t.



Da NiMH batterier er det foretrukne inden for transportable elektronik, fremstilles NiMH elementer ofte i store styktal, hvilket medfører en lav salgspris. Forskellige Elkøretøjs producenter har derfor fundet det økonomisk tiltrækkende at anvende NiMH elementer i "lommelygte-størrelsen" og så blot koble flere i parallel.

Hvis vi for en stund vender tilbage til Citroën's Saxo så kostede NiCd batteripakken omkring 100.000 kroner. Den dag hvor ejerne af disse skal til at skifte batterier, så kan det faktisk betale sig at skifte til NiMH, idet de ca 3000 stk, som skal til at give de 12 kWh kan købes for under 50.000 kroner og samtidig opnår man enten en lavere vægt eller man kan udvide energimængden til 17 kWh og bevare den samme vægt.

Selv om NiMH batterier "kun" opgives at have 1000-1500 cykler i levetid, så er slutresultatet dog bedre end NiCd, idet man får næste dobbelt så mange kilometre på en opladning (ved samme vægt), samtidig med at Metal Hydrid batterierne kan "sjat-lades" (hvilket også giver flere cykler), så vil slutresultatet blive mindst lige så mange (eller flere) kilometre i batteriets levetid.

NiMH batterier er mere følsomme overfor overladning en deres fætter NiCd batteriet, derfor er det ofte nødvendig med en bedre overvågning af ladeprocessen, f. eks. Temperatur overvågning.

Lithium-ion batteriet

Dette batteri, fremelsket af mobiltelfon og laptop producenterne, er det batteri, som gør at verden er moden til at der introduceres el-biler, som ikke kun er legetøj. Lithium-ion (Li-Ion) er den mest populære batteri løsning for brug i portabelt elektronik udstyr, fordi det er den type der kan udvise den højeste energitæthed – helt op til 160 Wh/kg.

Li-Ion = 225 kg

Ønsker vi at realisere vores 300 km's el-bil kan vi nøjes med 225 kg batterier, hvis vi benytter Li-Ion batterier. Nu er vi faktisk i mål, vi har en fornuftig baterivægt, som kan give bilen de egenskaber vi ønsker. 300 km rækkevidde, topfart 130-150 km/t og ikke mindst en acceleration på 0-100 km/t på 4-8 sekunder!

Li-Ion må anses for at være det ideelle batteri, der er ingen memory-effekt, levetid på over 1000 cykler og den højeste energitæthed – næsten dobbelt op i forhold til NiMH. Li-Ion batterier kan dog være farlige, hvis de ikke behandles ordentligt. Li-Ion batterier er ikke så robuste, som f.eks NiCd eller NiMH, de kan eksplodere eller antænde ved misbrug.

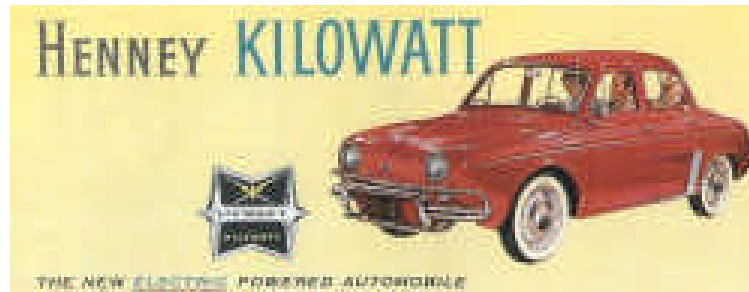
En anden ulempe er at levetiden ikke alene beror på antallet af ladecykler, men blot ved batteriet ligger ubenyttet hen, så ældes det. Batteriet vil tabe omkring 20% af sin kapacitet hver år blot p.g.a. ældning (og den proces kan ikke reverseres). Hvis temperaturen er højere, så er fænomenet mere udbredt, de 20% er ved 25gr – ved f.eks 40 gr skal man regne med 40% tab.

En anden faktor, man også skal tage højde for når Li-Ion batteriet skal bruges i en el-bil, er at man helst ikke skal lade når temperaturen kommer under 0 gr.

Selv om Li-Ion batteriet er morgendagen bud på en god el-bil, så skal der en masse overvågnings elektronik til for at sikre at man holder sig inden for det sikre og optimale arbejdsbetingelser. Batteriet skal anbringes i en termoboks med både aktiv køling såvel som opvarmning.

Moderne Power Elektronik giver god platform

Da man i tidernes morgen startede med at lave el-biler, havde man ikke nutidens elektronik til at lave effektive lade-aggregater og motorstyringer. Datidens el-biler måtte nøjes med store omskiftere (som vi kender fra sporvognen) til at koble færre eller flere batterier ind i serie eller parallel, for at kunne regulere farten. Laderne var store (tunge) transformatorer, hvis virkningsgrad var lav.



I 1959 blev ”Henny Kilowatt” introduceret – Det var verdens første elektronisk (transistor) regulerede el-bil. Den havde et 36 volt batteri system bestående af 18 to-volts batterier. Tophastigheden var omkring 60 km/t og den kunne køre ca. 60 km på en opladning.

Siden hen er effekt elektronikken blevet meget bedre, så idag er de tunge transformatorer blevet afløst af letvægts switch-mode ladeudstyr, således at det er muligt at medbringe laderen i bilen under kørsel. Det gør at man kan lade op undervejs og ikke som før, hvor alt ladning foregik hjemme i garagen.

Udviklingen i power elektronik har også ændret på el-bilens drivsystem. Det er kun indenfor de sidste ti år man har bevæget sig væk fra DC-motore i el-biler. Introduktionen af mikroprocessorer sammen med power-FET transistorer har gjort motor styringerne mere og mere avancerede.

Hvor man i ”Henny Kilowatt” brugte en enkelt ”chopper-styring” til at regulere motorens omdrejningstal, benyttede Citroën i 1995 en dobbelt mikroprocessor styret chopper til at styre både felt og anker strøm i Berlingo og Saxo. Herved kunne man ændre motorens karakteristisk (skifte løbende mellem serie og shunt karakteristisk) afhængig af vognens hastighed og derved opnå den bedste moment kurve, ligesom man kunne lave regenerativ bremsning, hvilket giver bilen samme rækkevidde i bykørsel som på landevejen.

En trefaset AC-motor giver flest hestekræfter pr. kilogram, men alt andet lige så er styreelektronikken mindst 3 gange så kompleks, men det har moderne elektronik løst for os, så en el-bil som f.eks. Ford Th!nk benytter en trefase motor.

Seneste skud på motor/elektronik udviklingen er hjulmotorer. En motor til hvert hjul og der eneste der drejer rundt er fælgen (og dækket) – ingen gear – ingen differentiale – ingen kobling, kun fire hjul, som drejer rundt. Sagt på en anden måde: ”EN FIRHJULS TRUKKEN EL-BIL”.