

Dette resumé er publiceret i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
 (Proceedings from the Annual Transport Conference
 at Aalborg University)
 ISSN 1603-9696
www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Analyse af elbilers driftsøkonomi

Mads Paulsen, madsp@dtu.dk
ph.d.-studerende, DTU Management Engineering

Anders Fjendbo Jensen, afje@dtu.dk
Adjunkt, DTU Management Engineering

Abstrakt

Dette oplæg beskriver arbejde og analyser udført i afdelingen for Transportmodeller på DTU Management Engineering til projektet "Analyser af elbilers driftsøkonomi" for Copenhagen Electric. Det primære formål med projektet var at indhente og analysere data fra de involverede elbiler mht. elbilernes samlede energiforbrug og sammenligning med normtal. Mere specifikt er elbilers forbrug analyseret mht. bilmodeller, vejtyper samt påvirkning fra sæsonvariationer (udetemperatur).

Introduktion

Elbiler ses af mange som en væsentlig del af løsningen på transportsektorens klimaudfordringer. En væsentlig barriere for elbiler er dog den begrænsede rækkevidde, så derfor er det vigtigt at forstå hvilke faktorer der påvirker afladningen. Tidligere analyser fra baseret på det danske Testnelbil forsøg, viser at den egentlige rækkevidde for de tidligste generationer (eks. Mitsubishi ImiEV) af moderne elbiler er markant lavere end den officielle samt at især udetemperaturen er en kritisk faktor (Fetene et. al. 2017). I nærværende analyse benyttes en tilsvarende metode til at sammenlignes elbilers energiforbrug på tværs af nyere elbilmodeller (Nissan Leaf, Renault Zoe, Nissan E-NV200) for at undersøge om problemstillingen for disse er reduceret.

Data og Metode

Der er indhentet data fra fire kommuner i Region Hovedstaden. Analyserne er foretaget på 16.568 ture kørt i 56 forskellige køretøjer fordelt på fire forskellige bilmodeller; Misubishi I-MiEV, Nissan Leaf, Nissan e-NV200 samt Renault Zoe. Turene er foretaget i perioden december 2015 til marts 2017. De enkelte ture er først blevet identificeret fra rådata vha softwaret PosDaP (Position Data Processing) baseret på Schuessler & Axhausen (2009). Programmet gennemgår tre trin i denne proces: Første trin består i at beskytte mod

pludselige positionsspring, andet trin udglatter gps-kordinaterne ved brug af en såkald kernel density smoothing, og det sidste trin identificerer de egentlige ture på baggrund af tre udvælgelseskriterier.

Derefter er turene blevet matchet til vejnettet ved brug af Dynamic Map Matching-software udviklet af Rapidis ApS med udgangspunkt i Nielsen et al. (2007). Endeligt er de udledte ruter blevet kædet sammen med dynamisk information om de enkelte køretøjers ladestatus. Denne information viste sig desværre at mangle for et stort antal biler, hvilket reducerede det endelige datasæt med 11,196 ture, og forudsagede en betydelig underrepræsentation af ture foretaget i sommerhalvåret. Dog muliggør analysen stadig at se på sæsonvariationer, og samlet giver analyserne dermed et billede af elbilers energieffektivitet på tværs af kommuner, bilmodeller, vejtype og sæson.

Energiforbruget per tur er udregnet ved at se på forskellen i ladestatus (i %) da turen hhv. startede og sluttede, hvorefter denne differens er blevet ganget med køretøjets batterikapacitet i Wh og divideret med 100. Energieffektiviteten er herefter fundet ved at dividere dette energiforbrug med den pågældende turs længde i km,

$$\text{Energieffektivitet} = \frac{(\text{Startladestatus} - \text{Slutladestatus}) \cdot \text{Batterikapacitet}}{100 \cdot \text{Turlængde}}$$

Tabel 1 viser et overblik over antal ture per kommune og bilmodel, mens tabel 2 viser gennemsnit for de benyttede variable per kommune.

Tabel 1 – Antal gyldige, analyserede ture fordelt på kommune og bilmodel.

	Mitsubishi i-MiEV	Nissan e-NV200	Nissan Leaf	Renault Zoe	Total
Albertslund	0	0	0	7.266	7.266
Fredensborg	0	0	0	575	575
Ishøj	0	312	0	1.274	1.586
København	1.632	426	5.083	0	7.141
Total	1.632	738	5.083	9.115	16.568

Tabel 2 – Gennemsnitsværdier for hver af de analyserede variable fordelt på kommune.

		Albertslund	Fredensborg	Ishøj	København
Energieffektivitet	Wh/km	268,51	197,88	256,99	250,75
Gennemsnitshastighed	m/s	8,67	12,44	8,64	7,80
Gennemsnitsacceleration	m/s ²	0,46	0,37	0,51	0,56
Turlængde	km	1,57	6,69	1,96	1,77
Vinter	binær	1,00	0,72	0,88	1,00
Motorvejsandel	Andel	0,00	0,07	0,01	0,00
Myldretid	binær	0,21	0,18	0,17	0,20
Startladestatus	Andel	72,62	87,18	78,43	77,90
Temperatur	°C	2,35	6,44	4,03	3,00
Vindhastighed	m/s	6,58	4,13	5,87	5,43
Regnedbør	mm/t	0,25	0,13	0,28	0,37

Resultater

Generelt lever ingen af bilmodellerne op til normtallene oplyst af producenterne. Der er dog stor forskel på om turene er kørt om sommer eller vinter. For alle bilmodeller lever kun 2-12% af de kørte ture op til

normallene om vinteren, mens hele 90% af de kørte ture i Nissan NV-200 og 60% af de kørte ture i Renault Zoe lever op til normtallene om sommeren.

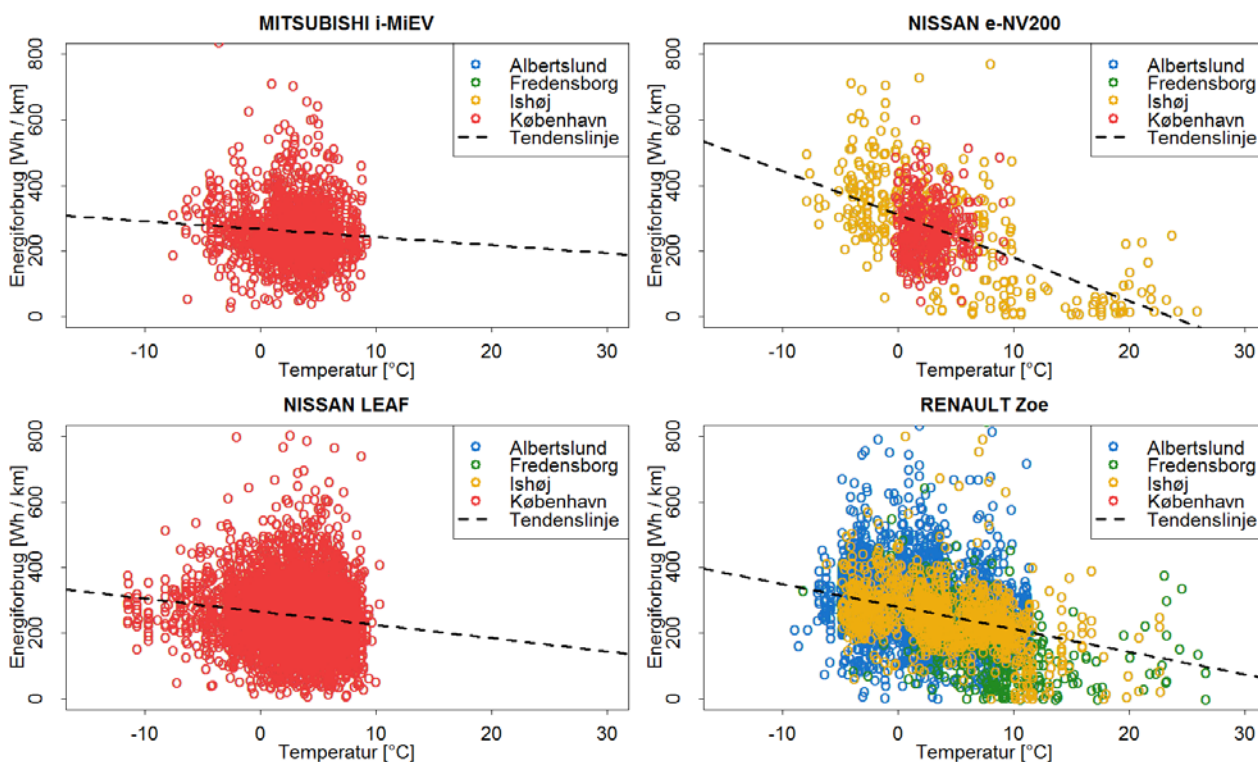
For at kunne analysere nærmere på, hvordan forskellige faktorer påvirker energiforbruget for elbiler, har vi estimeret en lineær regressionsmodel der tager højde for kørselsadfærd, rutefaktorer, vejr samt bilmodel, se tabel 3:

Tabel 3 – Lineær regressionsmodel for energieffektivitet [Wh/km] (Mitsubishi i-MiEV og Albertslund Kommune som basis)

Forklarende Variabel	Enhed	Estimat	Std. fejl	t-værdi	p-værdi
Gns. Hastighed	m/s	-29,23	0,591	-49,45	0,000
Gns. Hastighed ²		0,575	0,019	30,37	0,000
Gns. Acceleration	m/s ²	254,4	10,79	23,57	0,000
Gns. Acceleration ²		-93,22	7,222	-12,91	0,000
Turlængde	km	-3,334	0,597	-5,599	0,000
Turlængde ²		0,159	0,025	6,268	0,000
Vinter	Binær	88,33	5,432	16,26	0,000
Motorvej	Binær	73,61	11,74	6,268	0,000
Myldretid	Binær	-6,469	1,559	-4,150	0,000
Startladestatus	%-pt	-9,906	1,089	-9,098	0,000
Startladestatus ²		0,172	0,017	10,03	0,000
Startladestatus ³		-0,001	0,000	-10,61	0,000
Temperatur	°C	-5,402	0,211	-25,57	0,000
Temperatur ²		0,025	0,024	1,054	0,292
Vindhastighed	m/s	1,021	0,212	4,824	0,000
Regnedbør	mm/t	3,947	1,114	3,544	0,000
Nissan e-NV200	Binær	-12,43	4,116	-3,019	0,002
Nissan Leaf	Binær	-26,89	2,156	-12,48	0,000
Renault Zoe	Binær	-21,96	6,379	-3,44	0,001
Ishøj	Binær	51,29	4,053	12,66	0,000
Fredensborg	Binær	-2,550	2,315	-1,102	0,271
København	Binær	-49,55	6,123	-8,092	0,000
Skæring	Binær	492,9	24,06	20,49	0,000
<i>Antal observationer</i>		<i>16.459</i>		<i>R²</i>	<i>0,369</i>

Det ses at der for alle tre bilmodeller er en negativ konstant. Det viser altså, at når der korrigeres for alle baggrundsvARIABLE og for kommuner, så er Mitsubishi i-MiEV den mindst energieffektive af de fire bilmodeller. Nissan e-NV200 bruger omtrent 12 Wh/km mindre, Nissan Leaf 27 Wh/km mindre og Renault Zoe 22 Wh/km mindre. I alle tre tilfælde er energiforbruget signifikant lavere end for Mitsubishi i-MiEV.

Kaster vi i stedet blikket på kommuner, ses det at Albertslund Kommune (der er vores referencekommune) ikke signifikant forskelligt fra Fredensborg Kommune, mens Ishøj Kommune generelt har et energiforbrug, der ligger 51 Wh/km højere. Omvendt er energiforbruget for Københavns Kommune omtrent 50 Wh/km lavere. Hvad der konkret er årsag til disse forskelle, er umiddelbart uvist, men en del af forklaringen kan nok findes i infrastrukturelle karakteristika, eksempelvis køres der markant længere ture i Fredensborg og gennemsnitsacceleration er lavere end de øvrige kommuner.



Figur 1 – Energiforbrug som funktion af udetemperatur grupperet på kommune og bilmodel.

Udetemperaturen har en signifikant betydning for energiforbruget (se Figur 1). Både samlet set og i hvert enkelt kommune. Det sparsomme datagrundlag ved lune/varme udetemperaturer gør dog, at det er usikkert hvordan effekten er, når temperaturerne kommer væk fra typiske vintertemperaturer. Noget tyder på, at tendensen følger et andetgradspolynomium, og at energiforbruget ikke længere falder, når temperaturen når over en vis temperatur. Ydermere viser vores analyser, at på trods af, at der korrigeres for udetemperatur, vindhastighed og regnedbør, giver vinterkørsel umiddelbart i sig selv stadigvæk et betydeligt mere energiforbrug. Imidlertid må disse konklusioner betragtes som tentative, idet datagrundlaget for kørsel uden for vintermånederne var stærkt begrænset i indeværende studie.

Der ses generelt, at udetemperaturen virker til at påvirke observationer i København (de røde observationer) i mindre grad end i fx Ishøj Derfor bliver effekten af udetemperatur også umiddelbart lav for Mitsubishi i-MiEV og Nissan Leaf, da disse kun har observationer i København. I det videre arbejde vil det være relevant at gå mere direkte i dybden med hvordan udetemperaturen påvirker de enkelte biltyper, mens der justeres for kommunale tendenser og samtlige andre baggrundsvariable. En sådan analyse vil kunne give en konkret vurdering af hvordan de enkelte bilmodellers energieffektivitet påvirkes af udetemperatur.

Referencer

- Gebeyehu M. Fetene, Sigal Kaplan, Stefan L. Mabit, Anders F. Jensen, and Carlo G. Prato. "Harnessing big data for estimating the energy consumption and driving range of electric vehicles". In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 54 (2017), pp. 1–1
- Nielsen, O.A., Würtz, C., & Jørgensen, R.M.. (2007). *Improved Map-Matching Algorithms for GPS-Data - Methodology and test on data from The AKTA roadpricing experiment in Copenhagen*. Working paper.
- Schuessler, N., & Axhausen, K.W. (2009). Processing Raw Data from Global Positioning Systems Without Additional Information. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2105, 28–36. <https://doi.org/10.3141/2105-04>