

Denne artikel 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



Analyser af GPS-data fra "Test en elbil" og TU data

Morten Aabrink, moaa@transport.dtu.dk og Stefan L. Mabit, smab@transport.dtu.dk
DTU Transport

Abstrakt

Artiklen undersøger data fra "Test en elbil"-projektet. Husstandes kørsel i deres konventionelle bil og den lånte elbil sammenlignes. Derudover inddrages data fra transportvaneundersøgelsen (TU) for at sammenligne kørselsmønstrene med danskernes daglige kørsel. Resultaterne bekræfter en række gængse formodning, f.eks. at elbiler benyttes til kortere ture, samt at motorveje undgås med elbiler. Derudover viser resultaterne, at kun 12,1 % af turkæderne fra TU ikke kan klares med elbiler. Resultatet bestyrker, at elbilerne har et potentiale til dagligdags transport for mange danskere, såfremt der tilbydes passende opladningsmuligheder eller andre transportmuligheder for at dække de få turkæder, som ikke kan klares med elbiler.

Baggrund og formål

Der er et generelt ønske om at gøre privattransporten mere grøn. I den forbindelse er elbiler et af mange virkemidler, som kan være med til at dæmme op for transportens negative miljømæssige konsekvenser. Der er tre barrierer, som må anses for at være hovedbarriere for udbredelsen af elbiler til den danske bilpark: pris, rækkevidde og opladning. Vi vil i denne artikel beskæftige os med effekterne af den begrænsede rækkevidde på daglige rejsevaner.

På baggrund af data indsamlet af Clever A/S i forbindelse med "Test en elbil"-projektet undersøger vi, hvordan danske husstandes rejsemønstre påvirkes, hvis de får adgang til en elbil. Vi sammenholder resultaterne med data om danskernes rejsevaner indsamlet i transportvaneundersøgelsen (TU).

Andre studier har tidligere analyseret samme data med henblik på andre aspekter af elbilsejerskab f.eks. Fetene et al. (2015), Andersen et al. (2014), samt Aabrink og Jensen (2014). Den første publikation fokuserer på hvordan batterier aflades, når elbiler benyttes. Den anden undersøger samme data mhp. at forstå danskernes kørsel i elbiler, men uden at koble analyserne til danskernes daglige rejsevaner i form af TU. Den tredje publikation omhandler elbilisternes rejsevaner sammenholdt med rejsevaner fra TU. Denne artikel fortsætter analyserne fra Aabrink og Jensen (2014) og opsummerer de samlede erfaringer, som er opnået omkring forholdet mellem rejsevaner baseret på GPS-data og rejsevaner baseret på TU-data.

I næste afsnit præsenteres data, hvorefter vi diskuterer de forskellige analyser. Først de deskriptive baseret på GPS-data, hvor vi undersøger forskelle på kørsel i husstandens konventionelle bil og elbilen i de måneder, hvor begge står til rådighed. Derefter præsenterer vi analyser, som inddrager både GPS-data og TU-data. Det sidste afsnit afslutter artiklen med en diskussion af resultaterne.

Data

Vi benytter to datasæt i artiklen, som begge beskrives nedenfor.

GPS-data

GPS-data stammer fra "Test en elbil" projektet, dækkende i alt 29.970 enkeltture. Deltagerne fik installeret en GPS-logger i deres konventionelle bil, som indsamlede data i to sammenhængende måneder. Efter den første måned fik deltagerne udleveret en elbil, som også havde fået installeret en GPS-logger. Mens der i indsamlingens første måned kun var adgang til den konventionelle bil, havde deltagerne i den efterfølgende måned både adgang til den konventionelle bil og til elbilen.

Opdelingen i de to perioder, med én måned kun med konventionel bil efterfulgt af én måned med både elbil og konventionel bil, giver mulighed for at undersøge deltagernes normale kørselsmønster i deres egen konventionelle bil og sammenligne det med kørselsmønstre, når de får adgang til elbilen. Perioden, hvor der ikke er adgang til elbil men kun adgang til konventionel bil, betegnes i det følgende "konventionel (-EV)". I perioden, hvor der har været adgang til både den konventionelle bil og elbilen bliver den konventionelle bil betegnet "konventionel (+EV)". Elbilen betegnes "EV".

At deltagerne i periode to har haft rådighed over to biler, og dermed mulighed for at flere medlemmer i husstanden samtidig har kunnet benytte bil, giver dog nogle udfordringer ved sammenligninger mellem de to perioder. Ideelt set burde deltagerne have afleveret nøglerne til den konventionelle bil i periode to, så vurderingerne ikke påvirkes af de nye transportmuligheder, som rådighed over to biler giver. Dette har ikke været praktisk gennemførligt, så analysens resultater mht. samlet kørselsomfang i de to perioder må primært tolkes som effekt af rådighed over den ekstra bil.

Til gengæld giver undersøgelsens set-up mulighed for at analysere på forskelle i kørselsmønstre mellem konventionelle biler og elbiler, hvilket i sig selv er interessant.

Data er i første omgang rensset og en række antagelser har været benyttet for at afgrænse ture. Der var mulighed for at benytte tre forskellige metoder til afgrænsning af ture:

1. For elbilerne kan man benytte informationen om gearvælgers position til at afgøre, om en bil er i fart eller ej. Deraf kan man beregne turlængden fra den præcise position, hvor bilen bliver sat i gear, til den igen sættes i parkering ved turens slut.
2. Denne information er ikke til rådighed for konventionelle biler, så her må man forbehandle data med en særlig algoritme, hvor man i princippet fjerner alle GPS-punkter, der ikke knytter sig til kørsel på selve vejnettet.
3. En tredje metode er den såkaldte map matching-metode, hvor turene knyttes til vejmidterne i netværket, for bl.a. at kunne beregne hvilke vejtyper bilen har kørt på undervejs på en tur.

Selvom den første metode har en række fordele, er det et problem i denne sammenhæng, at den ikke kan bruges til retvisende sammenligninger med konventionelle biler. Resultaterne i artiklen er derfor fremkommet ved at benytte metode 2 på tværs af biltyper med undtagelse af resultaterne, som vedrører gennemsnitshastigheder på tværs af vejtyper. Her har vi benyttet metode 3. Det giver en smule afvigende resultater på gennemsnitshastigheder. Afvigelserne kan forklares med forskelle i hvordan turene afskæres. Afvigelserne til trods er det vigtige, at vi benytter samme metode på tværs af biltyper, hvilket tillader konklusioner om forskelle mellem elbiler og konventionelle biler.

TU-data

Transportvaneundersøgelser (TU) består af observationsdata, som beskriver rejseaktiviteter i løbet af den foregående dag for interviewpersonen. Vi benytter TU data som sammenligningsgrundlag, da det er et stort datasæt, som tillader konklusioner, der beskriver rejsevaner for danskerne generelt. De udtrukne TUNøgletal i denne rapport er baseret på landsgennemsnittet for førere af privatbil i alderen 18-84 år.

Deskriptive analyser

Det samlede antal kørte ture i perioden jf. Tabel 1 udgør som nævnt 29.970¹. Turene er fordelt over samlet 9.720 potentielle turdage (dage, hvor GPS-loggeren er installeret i køretøjerne), 330.160 km og 391.150 minutter.

Tabel 1 Statistiske nøgletal for GPS-data opsamlet for konventionel bil (konventionel (-EV)), konventionel bil hvor brugeren har haft adgang til elbil (konventionel (+EV)) og elbil (EV)

	1. måned	2. måned			
	Konventionel (-EV)	Konventionel (+EV)	EV	Samlet	TU
Ture	10228	6623	13119	19742	
Potentielle turdage	3240	3240	3240	3240	
Ture per potentiel dag	3,2	2,0	4,0	6,1	
Kørte dage af potentielle dage[1]	60%	42%	83%		
Tilbagelagt distance (kilometer)	123 419	92 199	114 541	206 741	
Gns. distance per tur	12,1	13,9	8,7	10,5	18,0
Gns. distance per dag	38,1	28,5	35,4	63,8	

¹ GPS-data for de kørte ture er indsamlet for 108 respondentfamilier, der har deltaget i projektet "Test en elbil".

Tidsforbrug (minutter)	137625	99043	154481	253525	
Tidsforbrug per tur	13,5	15,0	11,8	12,8	18,5
Tidsforbrug per dag	42,5	30,6	47,7	78,2	
Gns. hastighed	53,8	55,9	44,5	48,9	58,3

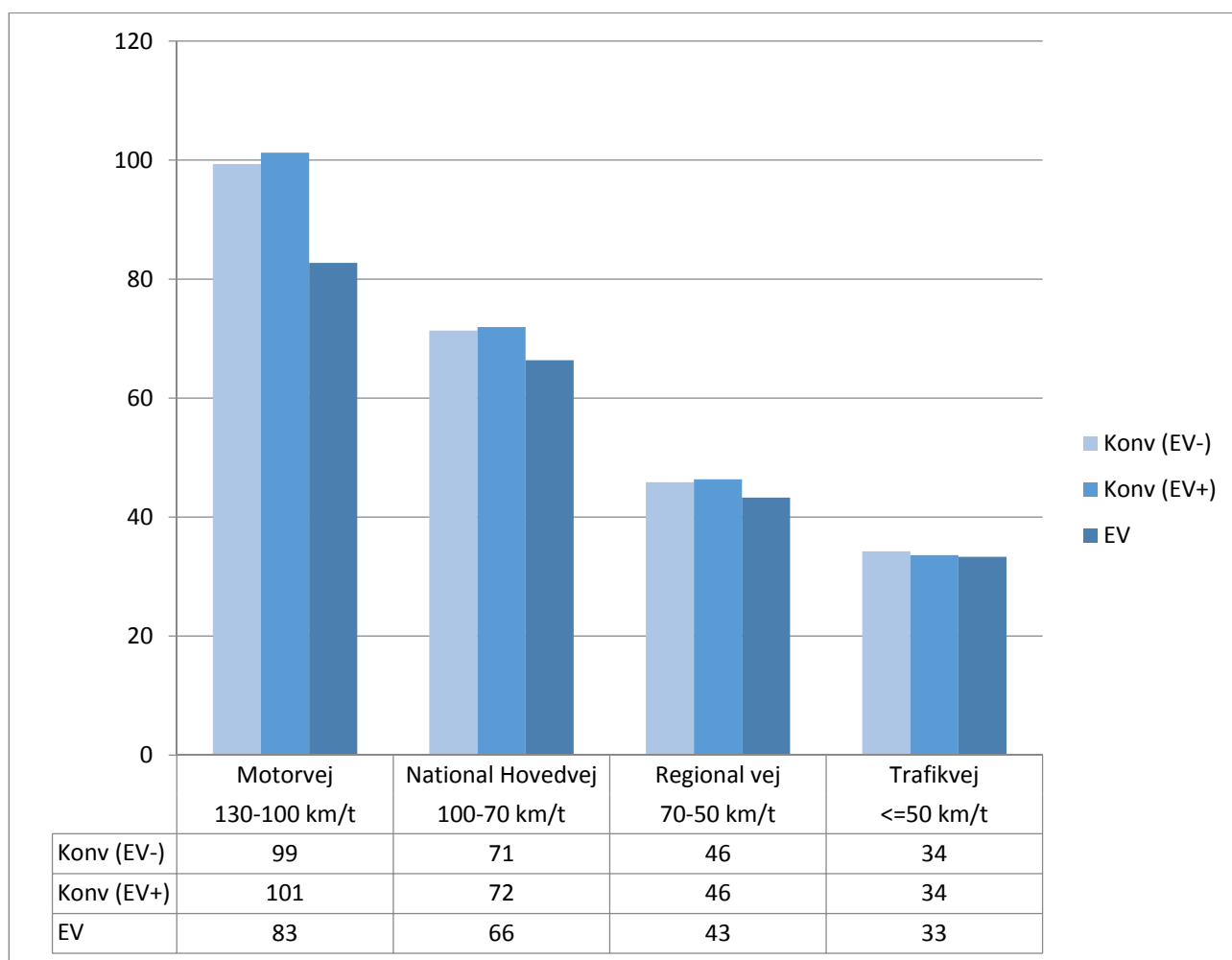
Antallet af ture per dag for konventionel (-EV) er 3,2 og 2,0 for konventionel (+EV). Der køres i gennemsnit 4,0 ture per dag i elbilen. Andelen af dage der køres på ud af de potentielle dage, er for konventionel (-EV) 60 pct., 42 pct. for konventionel (+EV) og 83 pct. for elbilen. Der køres dermed på flere dage og flere ture per dag i den konventionelle bil før adgang til elbil, end i den konventionelle bil når der er adgang til elbil, hvilket er helt forventeligt, da det jo netop var meningen, at konventionelle ture skulle erstattes af ture i elbil. Det ses samtidig, at der køres væsentligt flere ture i elbilen - flere per dag end for konventionel (-EV) og dobbelt så mange som for den konventionelle bil (+EV). Det ses også, at der køres på markant flere dage i elbil i forhold til konventionel bil i begge perioder. Den betragtelige merkørsel i elbil kan tolkes som om, at der er en markant nyhedsværdi ved at få lov at prøve en elbil, samt at rådigheden over to biler skaber ekstra ture.

For konventionel (-EV) er den gennemsnitlige distance per tur 12,1 km, hvor distancen per tur stiger til 13,9 for konventionelle bil (+EV). Den gennemsnitlige distance for elbilen er 8,7 km per tur. Turlængden for den konventionelle bil stiger en smule, når der er adgang til elbilen og elbilens turlængde er tydeligt mindre end for den konventionelle bil, når der ikke er adgang til elbilen. Landsgennemsnittet fra TU er en gennemsnitlig turlængde på 18,0 km. Der er derfor tendens til at respondenterne kører kortere ture end landsgennemsnittet for alle bilkategorier i respondentgruppen. Det er især udtalt for elbilen, hvor den gennemsnitlige turlængde er under halvdelen.

Gennemsnitshastighed

Tabel 1 viser også gennemsnitshastigheden for de forskellige biltyper på forskellige vejtyper. For den konventionelle bil (+EV) (55,9 km/t, hvilket er omtrent det samme som den konventionelle bil, når der ikke er adgang til elbil (53,8 km/t) og også sammenligneligt med TU-landsgennemsnittet (58,3 km/t). Elbilens gennemsnitshastighed (44,5 km/t) er betydeligt lavere end de tre andre kategorier.

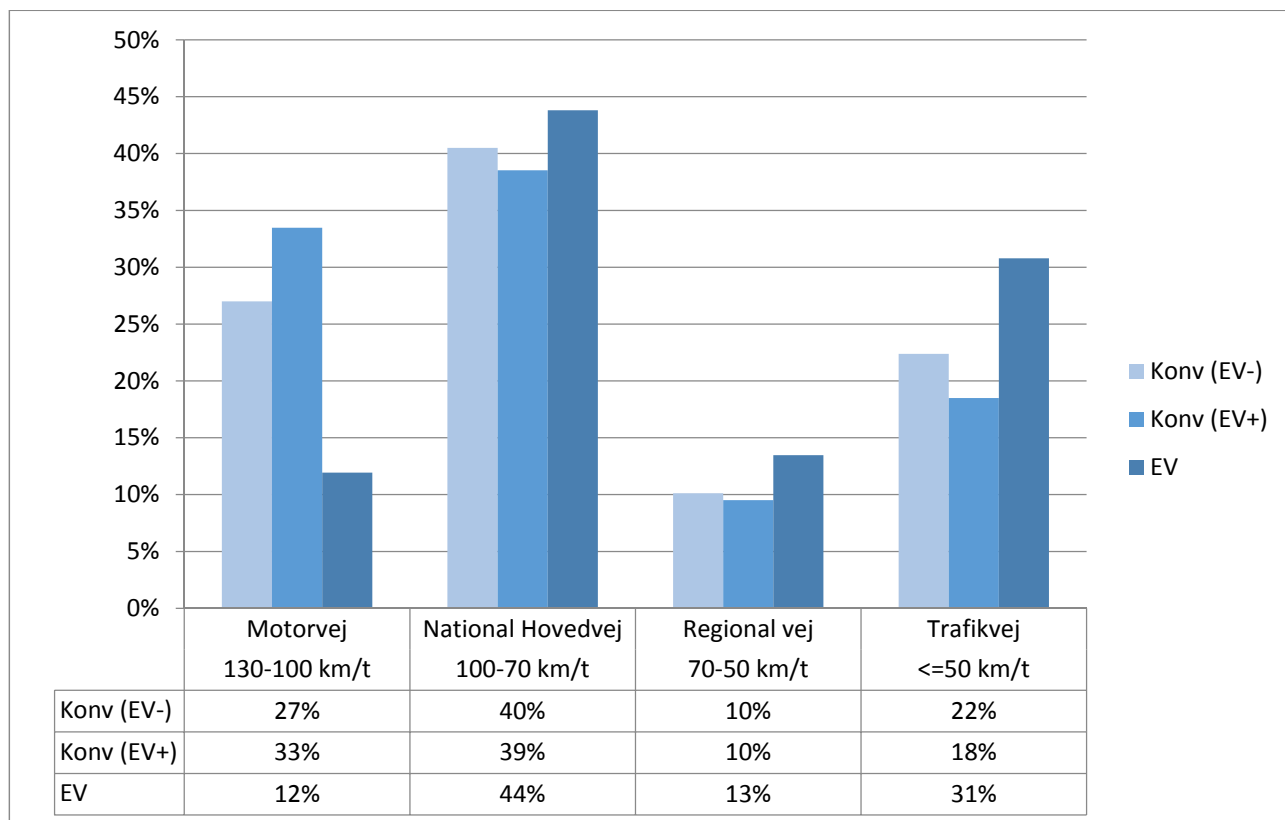
Ved hjælp af DTU Transports map matching-algoritme, er GPS-punkterne matchet til vejnetværket. Beregnede gennemsnitshastigheder opdelt på vejtyper er vist nedenfor i Figur 1.



Figur 1 Gennemsnitshastighed for konventionel bil (-EV), konventionel bil(+EV) og EV fordelt på vejtype.

Det ses, at gennemsnitshastighederne, ikke overraskende, falder for alle tre bilkategorier i takt med faldende vejtype og hastighedsbegrænsning. Gennemsnitshastigheden for de to konventionelle bilkategorier er tæt ved ens på de forskellige vejtyper, og afvigelser kan til en vis grad skyldes at forskellige respondenter har forskellig kørestil. Gennemsnitshastigheden for elbil i forhold til de to konventionelle bilkategorier, er en anelse lavere for "Regional vej" og "National hovedvej", men markant lavere for "Motorvej". Den relativt store forskel på vejtyper med højere hastighed kan indikere, at elbilførerne ved motorvejskørsel fokuserer mere på energiforbruget end førere af konventionelle biler og/eller, at de kører forsigtigt i en ny biltype, som de ikke er vant til.

Dette kan desuden underbygges af, at længere ture, der kræver mere energi at foretage, oftere foretages på vejtyper med højere hastighedsbegrænsning og derfor yderligere appellerer til en langsommere kørsel. Det ses, at elbilen har samme gennemsnitshastighed som de to konventionelle bilkategorier på "Trafikvej", som er vejtypen med laveste hastighedsbegrænsning.

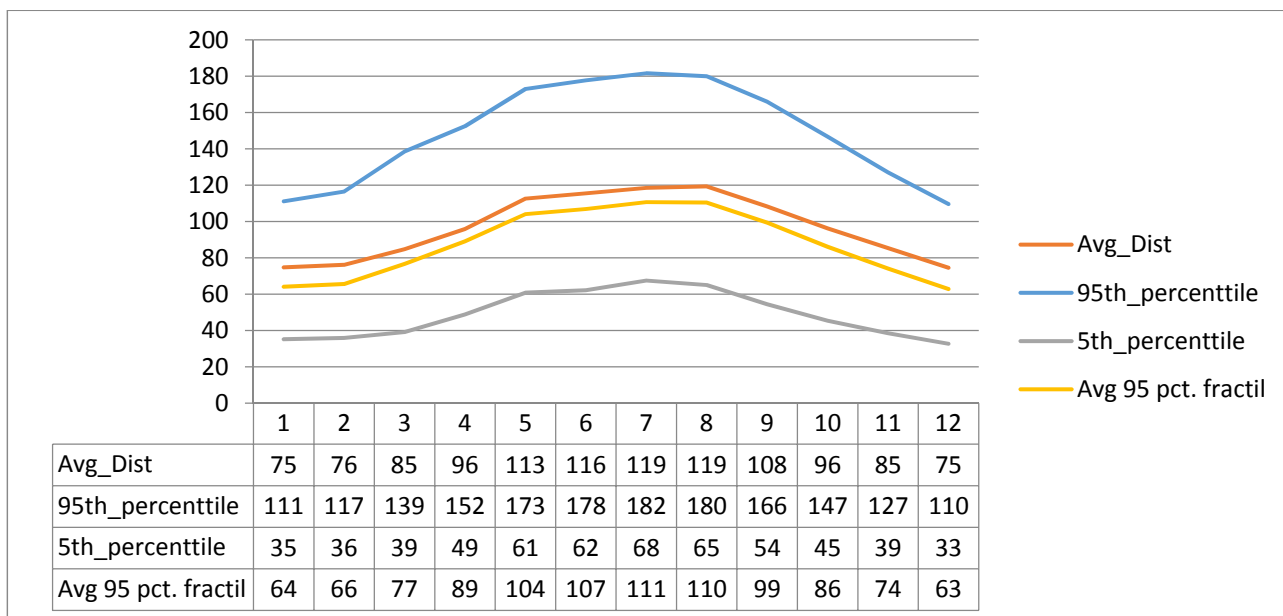


Figur 2 Andele af kørt distance for henholdsvis konventionel (-EV), konventionel (+EV) og EV fordelt på vejtyper.

Det ses, at der kommer en større andel af ture på motorvej og hovedvej for den konventionelle bil, når elbilen er tilgængelig. Omvendt viser andelen for elbilen, at den foretrækkes til ture, hvor motorvej kan undgås.

Rejser ved fuld opladning

En af de centrale overvejelser vedrørende skiftet fra konventionel bil til elbil, er hvor langt elbilen kan køre på en opladning. Ud fra information om elbilens batteriniveau ved starten af turen, batteriniveauet ved slutningen af turen og den rejste afstand for turen beregnes afstanden, der kan tilbagelægges på en fuld opladning beregnet. Beregningen er foretaget på månedsbasis for at give et billede af, hvad temperaturforskellene og andre vejrelaterede påvirkninger betyder for elbilens rækkevidde. Resultatet ses på Figur 3 nedenfor.



Figur 3 Antallet af kilometer elbilen ifølge GPS-data kan køre på en fuld opladning, opdelt per måned. Data er fra perioden august 2012 og frem til december 2013.

Beregningen er behæftet med en vis usikkerhed, idet der dels er tale om et månedsgennemsnit og der derfor vil være fulde opladninger, som kan medføre længere og kortere distancer i den pågældende måned. Usikkerheden illustreres ved de store forskelle mellem 0,05-fraktilen og 0,95-fraktilen. Det skal dog bemærkes at usikkerheden overdrives, fordi den beregnes over forskellige husstande med forskellige kørselsmønstre. For en given husstand, der er bevidst om effekten af sin egen kørestils effekt på batteriforbruget må man forvente en lavere variation. Beregningen er desuden ikke baseret på det nøjagtige energiforbrug, da information om denne i data ikke var brugbart, men i stedet baseret på batteriets State of Charge, som er angivet i heltal mellem 0 og 100.

Det ses, at den gennemsnitlige afstand per måned, det er muligt at tilbagelægge på en fuld opladning, varierer betydeligt over året. Generelt kan elbilen køre længst om sommeren og kortest om vinteren. Den korteste gennemsnitsafstand er i december og januar, hvor det er muligt at køre 75 km på en fuld opladning. Den længste gennemsnitlige afstand er i juli og august måned med 119 km. Altså er afstanden i juli og august måned halvanden gang så stor som den gennemsnitlige afstand i januar. Årsvariationen i rækkevidden for elbilen er ikke voldsomt overraskende, idet konventionelle biler også bruger mere brændstof om vinteren i forhold til om sommeren. Forskellene for elbilen er dog mere markante.

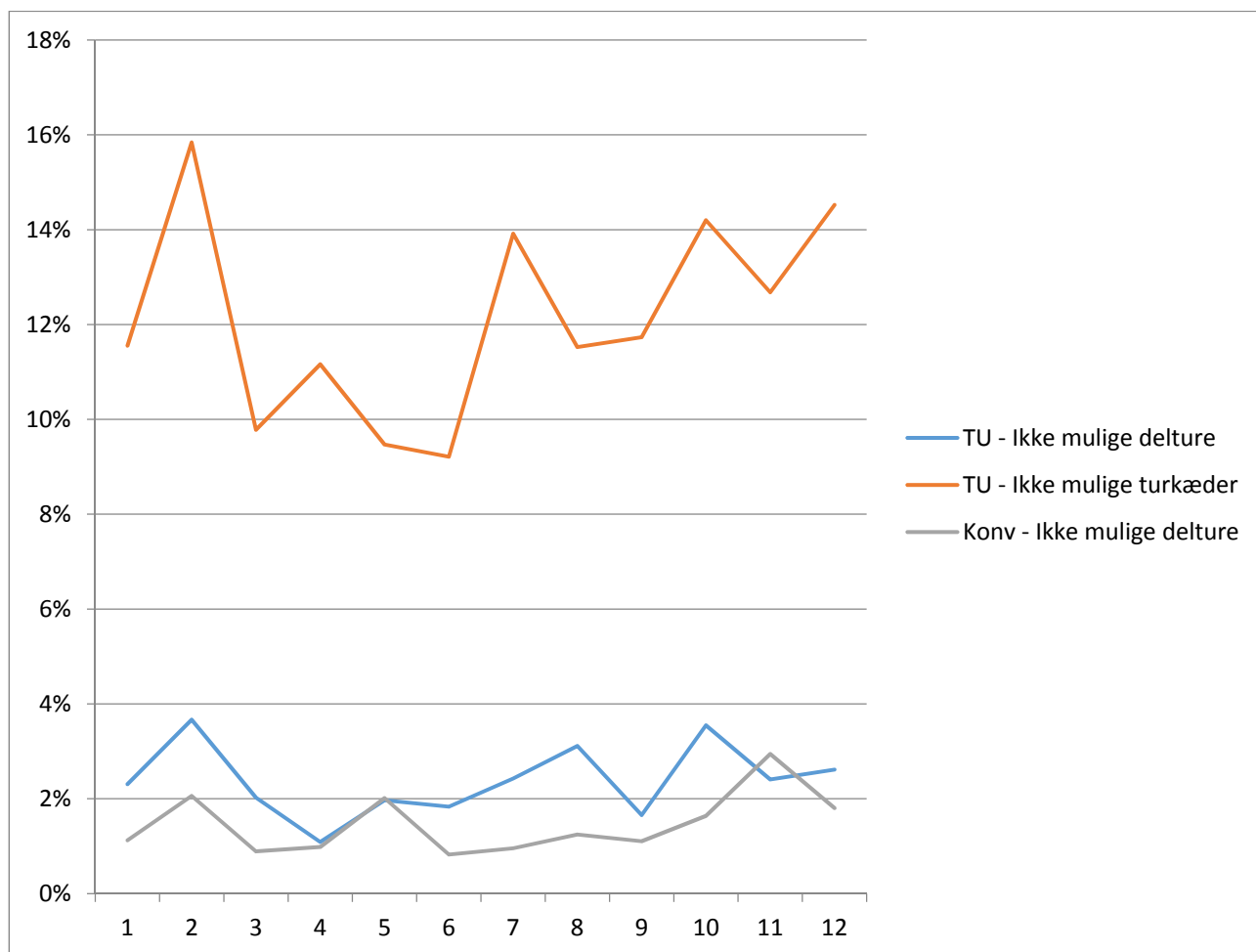
Nedenfor er der opstillet fire scenarier, som behandler hvor stor en andel af turene, der med de i Figur 3 anførte gennemsnitsafstande kan tilbagelægges med en fuldt opladet elbil. Scenarierne er henholdsvis:

- Alle konventionelle ture foretaget af respondenterne
- Ture fra TU
- Turkæder fra TU

I TU er en tur defineret ud fra formålet. Det kan være en indkøbstur eller en tur på arbejde. I TU er en turkæde kendetegnet ved et antal ture, hvor turkæden starter ved hjem og afsluttes næste gang

respondenten er ved hjem. Figur 4 nedenfor viser, hvor mange ture der i de tre første scenarier ikke kan gennemføres med elbil fordelt på måneder.

For respondenternes vedkommende ses det, at en relativt lille del af turene ikke er mulige at gennemføre. Respondenterne har konsekvent flere mulige ture end befolkningen som helhed (TU), på nær for november. Det indikerer som forventet, at respondenterne, der har deltaget i projektet ikke er repræsentative for befolkningen som helhed. Det kan blandt andet forklares med, at respondenterne aktivt har søgt om at deltage i projektet og dermed på den baggrund må forventes at skille sig ud. Respondenterne har á priori sandsynligvis haft en forestilling om at deres kørselsbehov vil stemme godt overens med elbilen, hvilket også ses, da kun 1,6 pct. af respondenternes ture på årsbasis i konventionel bil ikke er mulige at foretage i elbil, jf. Tabel 2. For befolkningen som helhed kan 2,4 pct. af turene ikke foretages i elbil, under de nævnte forudsætninger.



Figur 4 Andelen af ture per måned, som ikke kan foretages, fordi turene er længere end den mulige afstand på en fuld opladning.

For befolkningen som helhed, udtrykt ved TU turene, ses det at andelen af ture, der ikke kan gennemføres, er nogenlunde konstant over året, jf. Figur 4, svingende fra 1,1 pct. i april og op til 3,7 pct. i februar.

Tabel 2 Andelen af ture i løbet af et år, baseret på månedsgennemsnit, som ikke er mulige at foretage med elbil uden opladning.

	TU, turkæder	TU, ture	Resp. konv. - turkæder	Resp. Konv. - ture
Ikke mulige ture	12,1 %	2,4 %	9,0 %	1,6 %

I tabellen har vi tilføjet andelen af turkæder for respondenter, som ikke kunne gennemføres på et opladet batteri. Denne udregning er lavet på en mindre stikprøve, da den afhænger af kendskab til hjemadressen. Derfor har vi ikke tegnet fordelingen over måneder. Stikprøven er dog stor nok til at gennemsnittet på 9% er pålideligt og kan sammenlignes med de øvrige tal.

Oftentimes er der dog ikke mulighed for at oplade elbilen efter hver tur. Det kan eksempelvis være aflevering af børnene i institution efterfulgt af en tur til bageren og til sidst besøg hos en ven. Selvom der måske er opladningsmuligheder ved turopholdet, er det ikke sikkert, at der er tid og lyst til at oplade og omvendt kan brugeren have tid, men ingen opladningsløsning til rådighed. Denne problemstilling kan belyses ved at analysere på samlede turkæder.

Hvis det antages, at brugeren som minimum altid har mulighed for at lade op ved sit hjem, vil turkæden være den maksimale afstand brugeren kan tilbagelægge inden mulighed for opladning. Med forbehold for at der er tid til opladning.

Jf. Figur 4 ses det, at for befolkningen som helhed er februar den måned, hvor flest turkæder ikke kan gennemføres med elbil (15,8 pct.). Samlet reflekterer grafen det faktum at elbilerne kører længere på batteriet om sommeren. Afvigelsen i juli skal ses i lyset af, at danskernes kørselsbehov og dermed turenes længde varierer over året eksempelvis i relation til fritid og ferie. På årsbasis er det ikke muligt at gennemføre 12,1 pct., jf. Tabel 2, af alle turkæder i elbil for befolkningen som helhed. Det ses, at tallet er en smule lavere for respondenterne, hvor det er nede på 9 %.

En anden måde at anskue hvor mange ture elbilen kan dække, er ved at se på, hvor lang tid det tager at oplade elbilen. Der tages udgangspunkt i DTU Elektro's beregning, som viser, at elbilerne ved hurtig opladning kan oplades 80 pct. på ca. 30 minutter. Beregninger omsættes til hvor meget en elbil kan oplades på henholdsvis 15 og 60 minutter. Nedenfor på Figur 5 er vist, hvor mange ture det ikke er muligt at gennemføre, når distancen akkumuleres for ture, så længe der ikke er ophold på henholdsvis 60 og 15 minutter eller mere mellem turene.

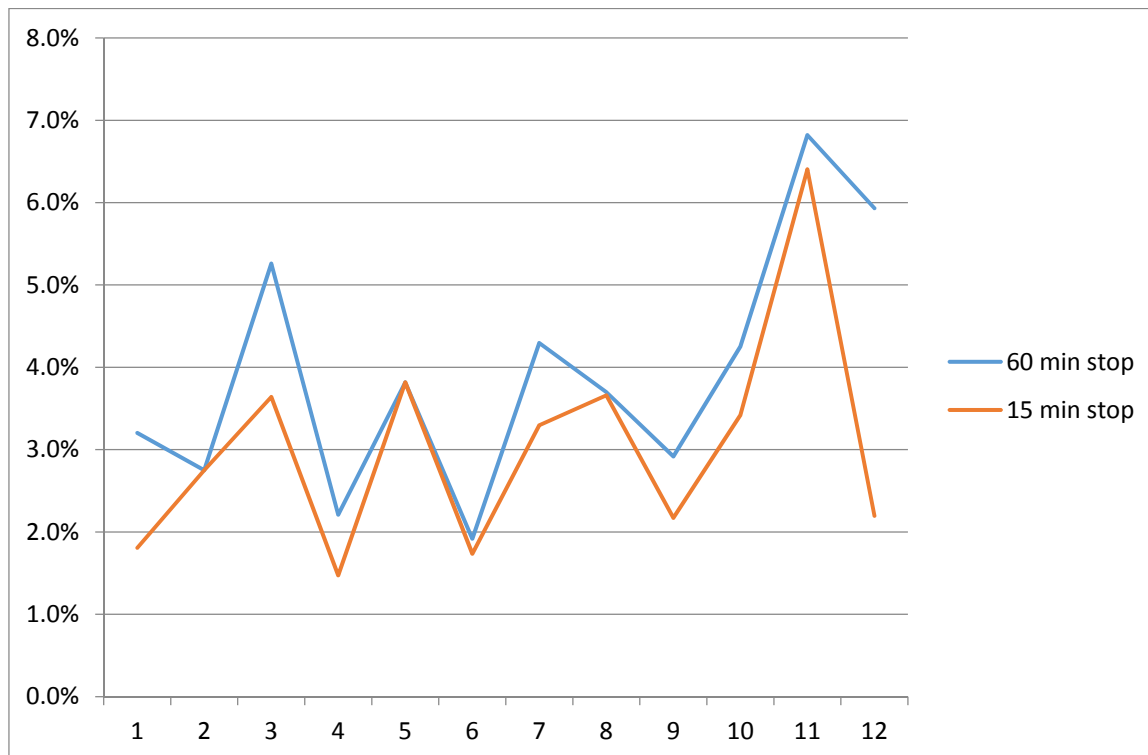
Tabel 3 - Andelen af ture i løbet af et år, fraregnet juli, baseret på månedsgennemsnit, som ikke er mulige at foretage med elbil uden opladning.

	60 min stop	15 min stop
Ikke mulige ture	4,3 %	3,3 %

Tabel 3 viser, at i et scenarie, hvor turkæden med et ophold på 60 minutter eller længere mellem turene tillader opladning af batteriet, er en endnu større del af turene mulige at foretage sammenlignet med scenariet uden opladning. Kun 4,3 pct. af turene på årsbasis er ikke mulige at foretage. Hvis der antages at der kan oplades ved stop på 15 minutter eller mere, hvor der tages hensyn til at batteriet evt. ikke oplades

fuldt, kan 3,3 pct. af turene ikke foretages. Begge tal kan sammenlignes med at 9 % af turkæderne ikke kunne gennemføres, hvis der ikke var mulighed for opladning undervejs.

Figur 5 viser fordelingen henover månederne for de forskellige scenarier.



Figur 5 - Andelen af konventionelle ture for respondenterne, der ikke er mulige at gennemføre i den pågældende måned, når det antages at den akkumuleret kørte distance overstiger afstanden elbilen kan køre på en fuld opladning og der ikke er ophold mellem turene på 60 og 15 minutter eller mere til opladning af batteriet.

Diskussion

I denne artikel har vi analyseret data fra "Test en elbil"-projektet. Den deskriptive statistik viser, at når deltagerne får en ekstra bil, så genereres en del ekstra ture. Nogle af disse skyldes nyhedsværdien, mens andre skyldes, at en familie med to biler har flere muligheder. Det understreges også af, at en stor del af turene køres i et tidsrum, hvor den anden bil også er ude at køre. En anden konklusion er, at elbilen benyttes mest til kortere ture, samtidig med at motorveje undgås.

Konklusion om andel af ture med fuldt opladt batteri viser, at en stor del af danskernes eksisterende rejsebehov med bil kan dækkes af elbiler. I analyserne antages, at bilerne kan køre deres gennemsnitsrækkevidde. Det er et væsentligt åbent spørgsmål om bilister i praksis vil begive sig ud på ture ud fra forventninger baseret på gennemsnitsrækkevidden. Muligvis vil det være mere fornuftigt at se på minimumsrækkevidden. Som vi har set er der stor forskel på gennemsnitsrækkevidden og minimumsrækkevidden. Så det vil betyde en kraftig reduktion. Omvendt vil en husstands kendskab til deres egen elbils mulige rækkevidde være mere præcis end den variation, som er præsenteret i artiklen, som er aggregeret over forskellige husstande.

Referencer

Aabrink, M. og Jensen, C. (2014) Analyser af GPS-data fra "Test en elbil", Notat, Clever A/S.

Andersen, O., Krogh, B., Torp, K. (2014) Analyse af elbilers forbrug, præsenteret på trafikdage, downloadet fra http://www.trafikdage.dk/papers_2014/244_KristianTorp.PDF.

Fetene, G., Prato, C., Kaplan, S., Mabit, S., og Jensen, A. (2015) Harnessing big data for estimating the energy consumption and driving range of electric vehicles, working paper, DTU Transport.