

Halvor Stræde
Rasmus Ulven

Miljøeffekten av Norges elbilpolitikk

En kvantitativ studie av substitusjonsgraden mellom elektriske og konvensjonelle biler

Masteroppgave i Samfunnsøkonomi
Veileder: Anders Skonhoft
Trondheim, juni 2017

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for økonomi
Institutt for samfunnsøkonomi

Forord

Vi ønsker å takke veileder, professor Anders Skonhoft, for idé til oppgave, samt gode tilbakemeldinger og veiledning underveis i arbeidet. Videre vil vi takke Marte Skaalvik i Vegamot for tilgang på Miljøpakkens bomringdata. Vi må også rette en stor takk til Kommunikasjonsavdelingen på NTNU, ved Jan Erik Kaarø, for distribuering av spørreundersøkelsen. En siste takk går til leder ved Institutt for samfunnsøkonomi, Anne Borge Johannesen, som bistod med råd og tilbakemeldinger angående utforming av undersøkelsen.

Masteroppgaven er i sin helhet et felles arbeid utført av Halvor Stræde og Rasmus Ulven.

Vi håper oppgaven vil være av interesse.

God lesing!

Halvor Stræde & Rasmus Ulven

Trondheim, 1. juni 2017

Sammendrag

Som følge av subsidiering og sterke økonomiske incentiver har andelen elbiler i Norge økt kraftig de siste årene. Dette er i tråd med myndighetenes ønske om en mer miljøvennlig veitrafikk. For å si noe om miljøeffekten og effektiviteten av dagens politikktutforming undersøker vi om

1. Elbilen erstatter konvensjonelle biler i bruk
2. Elbilen ikke øker total biltransport på bekostning av kollektiv- og manuell transport

Substitusjonsgraden mellom elbil og konvensjonelle biler er dermed av særlig interesse. Vi gjennomførte en transportvaneundersøkelse blant ansatte ved NTNU, med 1271 respondenter, der fokus særlig var på bilhold og kjørelengde. I tillegg benytter vi data for bomringpasseringer i Trondheim til å sammenligne egne funn med faktiske populasjonsdata.

Drevet av en norsk energimiks, er elbilen mer miljøvennlig enn konvensjonelle bensin- og dieslbiler per kjørte kilometer. Våre analyser viser imidlertid at politikken er noe feilslått. Elbilen erstatter delvis kjøring med konvensjonelle biler, men med en anslått substitusjonsgrad på kun 30-50%. Samtidig finner vi at elbilen erstatter reiser som tidligere ble foretatt med kollektiv- og manuell transport. Vi finner også forskjell i atferd mellom ulike grupper: Elbileiere eier i snitt flere biler enn andre, samtidig som de kjører betydelig flere kilometer årlig. Dagens politikktutforming resulterer i økt veitrafikk, som igjen fører til mer kø, støy, veistøv og CO_2 -utslipp. En økning i elbilflåten er mindre miljøvennlig enn antatt, noe som gjør subsidiepolitikken langt mindre effektiv. Det er derfor betimelig å sette spørsmålsteget ved lønnsomheten av dagens politikktutforming.

Innhold

1 Innledning	1
1.1 Problemstilling	3
1.2 Motivasjon	4
1.3 Oppgavens utforming	5
2 Miljøeffekter av elbil	7
2.1 Utbredelse	7
2.2 Hovedlinjer i den norske elbilpolitikken	10
2.3 Produksjonseffekten	13
2.4 Kjøreeffekten	15
2.4.1 Svevestøvutslipp	15
2.4.2 Energimiks og -produksjon	16
3 Data	21
3.1 Undersøkelse	21
3.2 Utforming	21
3.3 Deskriptiv statistikk	22
3.4 Mulige problemer med datasettet	27
4 Metode	29
4.1 Motivasjon	29
4.2 Regresjonsanalyse	30
4.2.1 Minste kvadraters metode - OLS	30
4.2.2 Heckmans seleksjonsmodell	32

4.3	Ikke-parametrisk analyse	35
4.3.1	Wilcoxon matched-pairs signed-rank test	35
4.3.2	Wilcoxon rank-sum test	36
4.4	Modeller	37
5	Resultater	39
5.1	Modeller for årlige kjørelengder	39
5.1.1	Total bilkjøring	41
5.1.2	Kjøring med konvensjonell bil	42
5.2	Atferdsforskjeller mellom grupper	44
5.3	Atferd før/etter kjøp av elbil	46
5.4	Viktigheten av ulike faktorer for kjøp av elbil	49
6	Supplerende modell	51
6.1	Data og metode	51
6.2	Resultater	53
7	Diskusjon	55
7.1	Total bilkjøring	55
7.2	Substitusjonseffekt	56
7.3	Politikk og økonomiske effekter	59
7.3.1	Mulige politikkforbedringer og videre forskning	60
7.4	Miljøeffekten	63
8	Konklusjon	65
	Referanser	67
A	Spørsmål fra undersøkelsen	73
B	Data for bomringpasseringer, Trondheim	79
C	Korrelasjonsmatriser og testing av data	81

Kapittel 1

Innledning

Transportsektoren sto for 14% av verdens klimagassutslipp i 2016 (EPA, 2016). 95% av verdens landtransport skjer i dag med petroleumsbasert drivstoff, hovedsaklig bensin og diesel (EPA, 2016). I følge Miljødirektoratet utgjør olje- og gassutvinning på norsk sokkel 28% av landets samlede klimagassutslipp. Det betyr at transportsektoren, med sine 16,7 millioner tonn CO_2 -ekvivalenter, eller 31%, utgjorde størstedelen av norske klimagassutslipp i 2015. Dette er en økning på 25% over de siste 25 årene (SSB, 2017e; Miljødirektoratet, 2017a). Av totale utslipp fra transportsektoren står veitrafikk for nærmere 10 tonn. Personbiler utgjør drøyt halvparten av dette igjen (SSB, 2016e). Den samlede andelen av transportarbeidet¹ utført med privatbil økte fra 44% i 1960 til over 80% i 2013 (Miljødirektoratet, 2017a). Økonomisk vekst og økt befolkning er hovedbidragsyterne til den store utslippsøkningen i transportsektoren. En befolkningsvekst på rundt 20% siden 1990 (SSB, 2017c) har gitt et økt transportbehov, både av personer og gods. Samtidig har bedret privatøkonomi bidratt til at hver av oss reiser mer en tidligere. (Miljødirektoratet, 2017a).

I dag bor nærmere en tredjedel av Norges befolkning i Norges fem største tettsteder (Oslo, Bergen, Stavanger/Sandnes, Trondheim og Drammen) (SSB, 2016a). Stor befolkning i og rundt de største byene fører til veldig konsentrert trafikk i disse områdene. Dette fører til trengsel og stor

¹ Måles i personkilometer (antall passasjerer på én tur multiplisert med kjørt distanse) og tonnkilometer (mengde transport for én tur multiplisert med kjørt distanse). Eksempel: Tre personer kjører tre kilometer i én bil, gir et utført transportarbeid på $3 \cdot 3 = 9$ personkilometer.

belastning på trafikksystemene i periodene rundt trafikktoppene. Stort trafikkvolum fører til økt lokalt utslipp av klimagasser, og start-og-stopp-kjøring under trengsel og køkjøring øker utslippene ytterligere. Når trengselen på veiene øker, vil også drivstofforbruket og CO_2 -utslippene øke (Barth & Boriboonsomsin, 2010; Grote m.fl, 2016). Flere rapporter argumenterer dermed for at redusert trafikktrengsel vil føre til reduksjon i klimagassutslipp fra transportsektoren.

Klimagassutslippene fra transportsektoren kan reduseres gjennom en rekke teknologiske og strukturelle tiltak. Hovedsaklig trekkes to tiltak frem som de antatt mest effektive. Det første er å redusere det samlede transportvolumet, ved blant annet å tilrettelegge for utstrakt bruk av kollektivtrafikk og ved å få folk over på andre transportmetoder, som sykkel og gange. Det andre er å innføre ny teknologi som reduserer utslippene per transportmiddel. Her er bruk av hydrogen- og elbil fremfor konvensjonelle biler (med bensin- eller dieselmotor) naturlig å trekke frem. Elektrifisering av transportsektoren og reduksjon i CO_2 -utslippene i energiproduksjonen anses å være tiltak som vil gi store kutt i de globale klimagassutslippene (Williams m.fl, 2012). Siden elbilen ikke forbrenner fossilt brennstoff er den i drift et mer miljøvennlig kjøretøy enn den tradisjonelle bensin- og dieselen (Nordelöf m.fl, 2012).

Utilstrekkelig rekkevidde har vist seg å være en av de viktigste grunnene til at folk ikke velger elbil. Blant annet Figenbaum og Kolbenstvedt (2016) fant at dette var den største utfordringen for de som eier elbil. Teknologiske fremskritt forventes imidlertid å øke rekkevidden i årene som kommer. Fulladet og kjørt under optimale forhold er elbilen allerede i dag nære de konvensjonelle bilene. Det er derfor rimelig å anta at bilene (både el og konvensjonelle) innen kort tid har tilnærmet samme rekkevidde. Det er likevel lite sannsynlig at all kjøring med elbil vil erstatte kjøring med konvensjonell bil med det første.

1.1 Problemstilling

I Nasjonal transportplan 2018-29 fremgår det at regjeringen vil legge til rette for at alle nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy fra 2025 (St. meld. nr. 33, 2016-17). Slik situasjonen er i dag har de økonomiske fordelene for elbilbrukere gjort elbilene konkurransedyktige, og andelen elbiler i den totale bilparken har økt betraktelig. Dette oppfattes av enkelte som en bekreftelse på at elbilpolitikken fungerer slik myndighetene ønsker, nemlig at elbilene gradvis erstatter bensin- og dieselmotorkjøretøyer. Imidlertid må en ta hensyn til mer enn bare antallet elbiler på veiene for å evaluere hvordan elbilpolitikken virker. En subsidiepolitikk som stimulerer til økt bruk kan gi utilsiktede effekter, som ikke nødvendigvis er i tråd med politikkenes hensikt. Myndighetene har en dobbel målsetning: Reduksjon i utslipp av CO_2 , og samtidig som Stortinget har vedtatt å la vekst i persontransport inn til byene absorberes av kollektiv og manuell transport (St.meld. nr 21, 2011-12). Disse målsetningene er på ingen måte motstridende, men krever naturlig nok mer enn økning i salg og bruk av elbiler for å oppnås.

Politikken ser ut til å fungere i henhold til myndighetenes målsetning når det gjelder å øke elbilandelen i Norge. Allerede i 2013 hadde Norge den største elbilflåten sett i forhold til innbyggertall og den høyeste elbilmarkedsandelen i nybilsalget (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2013). Antallet elbiler har fortsatt å vokse eksponentielt, og nådde 100.000 biler i 2017. For å vurdere effektiviteten av subsidieordningene undersøker vi om:

1. Elbilen erstatter konvensjonelle biler i bruk
2. Elbilen ikke øker total biltransport på bekostning av kollektivtransport, manuell transport og ikke-gjennomført transport.

Samtidig er vi avhengig av at klimagassutslippene per kilometer kjørt faktisk er lavere for elbil enn for konvensjonelle biler. Vi ønsker å se i hvilken grad den norske elbilpolitikken gjennom subsidieordninger gir en miljøgevinst, ved å undersøke i hvilken grad den oppfyller disse kravene.

1.2 Motivasjon

I Miljødirektoratets rapport *Tiltakskostnader for elbil* (Birkeli m.fl, 2016), legges det til grunn for analysene at 80% av kjørte kilometer med elbil erstatter kjøring med konvensjonell bil, og med 100% erstatningsgrad i 2022. Dette baseres på Norsk elbilforenings brukerundersøkelse Elbilisten 2016, der respondentene bes anslå i hvilken grad deres elbil erstatter konvensjonell bil. Med tanke på at disse tallene kun er basert på antagelser, er det vanskelig å sette lit til dette anslaget. Undersøkelsen er også gjennomført på en gruppe som antakelig er tilbøyelige til å overvurdere de positive sidene ved elbil. Med såpass usikker metode, samt mulig bias i utvalget, er det rimelig å anta at faktisk erstatningsgrad er lavere enn 80%.

Halvorsen (2009) sammenlignet elbileiere og ikke-elbileiere i Oslo, Bergen og Trondheim. I undersøkelsen kom det frem at før anskaffelse av elbil gjennomførte (nåværende) elbileiere 23% av reiser til og fra arbeid med kollektivtransport. Etter anskaffelse av elbil falt denne andelen til kun 6%. Samtidig økte andelen reiser gjennomført med bil fra 65% til 83% for det samme utvalget. Elbileiere viste seg å bruke signifikant mindre sykkel, gange og kollektivtransport og økte bilbruken signifikant sammenlignet med ikke-elbileiere. Dette tyder på at elbilen erstatter kollektivtransport og øker total personbiltransport. Elbileiere erstatter også manuell transport og tidligere ikke-gjennomførte reiser med elbilbruk. Flere studier² kommer frem til lignende resultater. Figenbaum & Kolbenstvedt (2013) finner for eksempel at elbilen erstatter konvensjonelle biler med 65-83%, men også kollektiv og manuell transport med 10-20%.

Nygaard (2015) hadde en mer analytisk tilnærming til erstatningsgraden. Masteroppgaven representerte et av de første økonometriske studiene av erstatningsgraden i Norge, her estimert til omtrent 40%. Utvalget var imidlertid lite. Vårt arbeid er inspirert av Nygaards tilnærming, og baserer seg på flere av de samme prinsipper og metoder. Vi har valgt å ta oppgaven et steg videre ved å inkludere data for alle bomringpasseringer i Trondheim mellom 2013 og 2016. Dette lar oss studere effekten av elbil på totaltrafikk og konvensjonell kjøring over tid. I tillegg gir det oss muligheten til å støtte opp under egne funn med faktiske populasjonsdata.

² se bl.a. Hjorthol (2013), Rolim m.fl (2012), Figenbaum & Kolbenstvedt (2013)

1.3 Oppgavens utforming

Til grunn for besvarelsen ligger et kvantitativt studie av substitusjonsgraden mellom elbil og konvensjonelle biler. En stor del av arbeidet med denne oppgaven bestod av å samle inn og organisere egne data, som grunnlag for den empiriske analysen. Fokuset i analysen er på det vi i oppgaven omtaler som miljøeffekten av elbiler. Data ble innhentet gjennom en selvkonstruert transportvaneundersøkelse blant ansatte ved NTNU, der særlig bilhold og kjørelengder var i fokus.

Resten av oppgaven er organisert som følger: I kapittel 2 gjennomgås eksisterende litteratur og teori om elbil, elbilpolitikk og miljøutfordringene i transportsektoren, i kapittel 3 presenteres data, før metoden gjennomgås i kapittel 4. Kapittel 5 presenterer resultatene, mens data for bomringpasseringer gjennomgås i kapittel 6. Kapittel 7 diskuterer resultater i lys av problemstillingen og gjeldende teori, og kapittel 8 konkluderer.

Kapittel 2

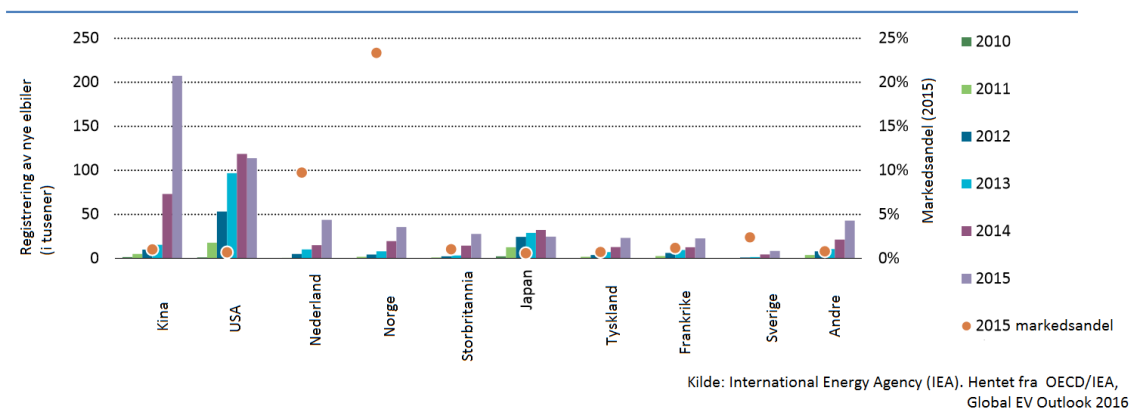
Miljøeffekter av elbil

2.1 Utbredelse

Elbilandelen på verdensbasis har vokst kraftig de siste årene og passerte i 2015 for første gang én million, med 1,26 millioner nyregistrerte biler på verdenbasis. Per i dag er 80% av verdens elbiler på veien i USA, Kina, Japan, Nederland og Norge (IEA, 2016). I følge tall fra International Energy Ageancy (IEA) nådde elbilen i 2015 en markedsandel i nybilsalget på over 1% i syv land: Norge, Sverige, Danmark, Nederland, Frankrike, Kina og Storbritannia, og i Norge utgjorde den mer enn 18% av nybilsalget i 2015 (OFVAS, 2017a).

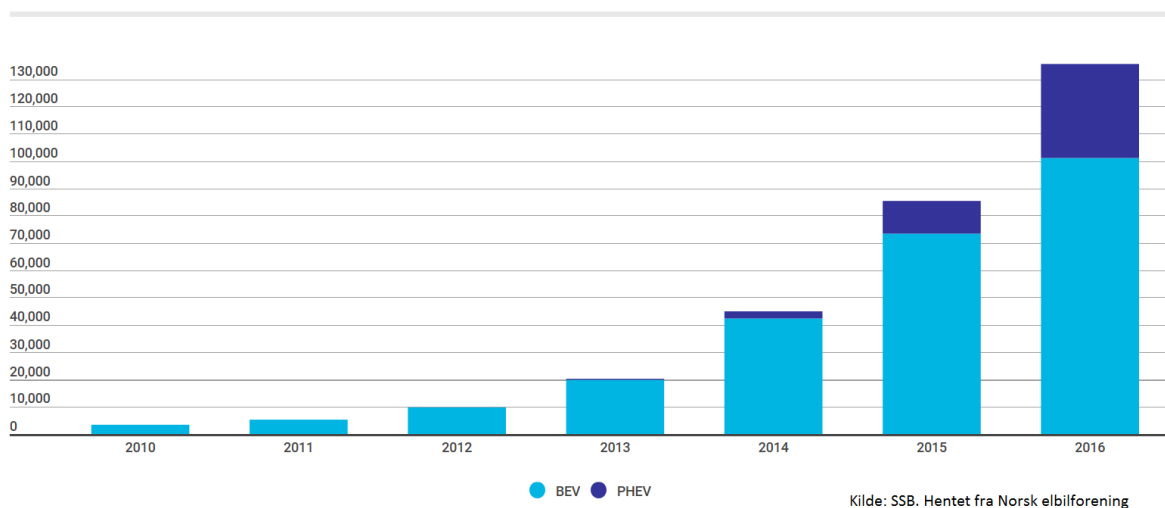
I 2015 sto åtte land for mer enn 90% av verdens elbilsalg. Alle disse landene, med unntak av USA og Japan, opplevde en betydelig vekst i elbilandelen fra 2014 til 2015 (IEA, 2016). Salget mer enn doblet seg i Nederland, der elbilen nådde en markedsandel på 10%. Dette er den høyeste markedsandelen i EU, og den nest høyeste i Europa, etter Norge. På verdensbasis økte registreringen av nye elbiler (både batterielektriske og plug-in hybridbiler) med over 70% fra 2014 til 2015. I løpet av 2015 tok Kina igjen USA som verdens ledende elbilmarked, med over 200.000 nyregistrerte elbiler. USA og Kina teller over halvparten av verdens nyregistrerte elbiler i 2015.

Figur 2.1: Elbilsalg og -markedsandel i utvalgte land, 2015



I 2016 hadde elektriske kjøretøy en markedsandel på 29,1% i Norge. Batterieelektriske biler (BEV) utgjorde 54% av dette, med en markedsandel på 15,7%. Plug-in hybridbiler (PHEV) hadde en markedsandel på 13,4%. Andelen elbiler av den totale bilparken nådde 2,8% i 2015 (OFVAS, 2017a; SSB, 2016c).

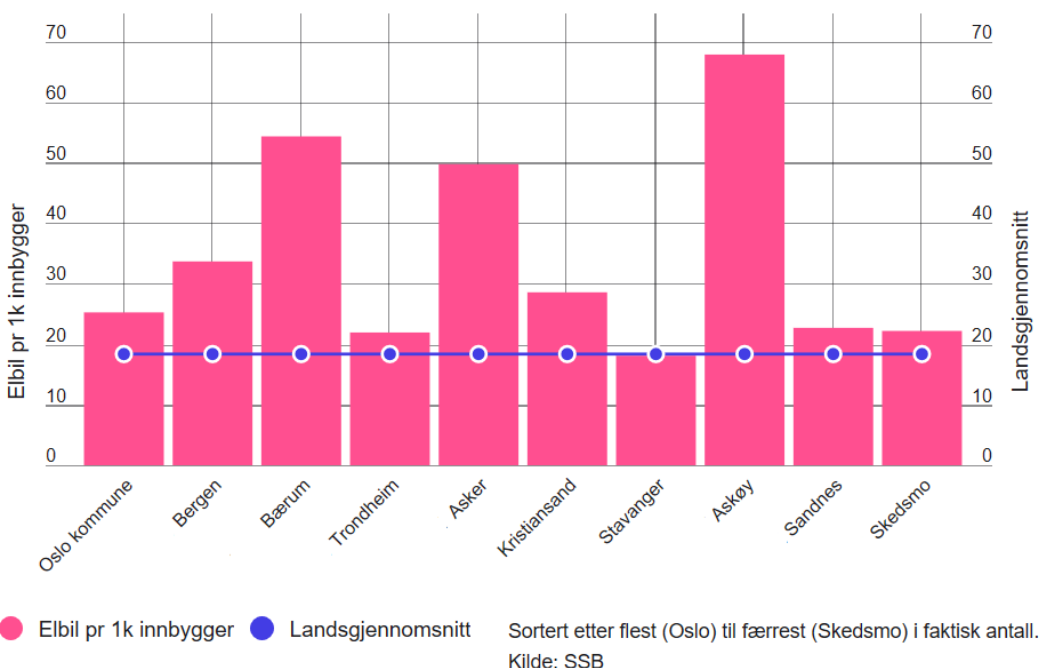
Figur 2.2: Den norske elbilflåten, 2016



De norske elbileierne bor hovedsaklig i og rundt de større byene. De delene av landet der elbilandelen ellers er høy er i øykommuner langs kysten av sør- og vestlandet, der fordelene av rabatterte tunnel- og fergepaseringer gjør elbilen økonomisk gunstig. Oslo er per i dag den kommunen i Norge med flest elbiler, etterfulgt av Bergen og Trondheim. Samtidig er det mange elbileiere i nabokommunene til de større byene, som Bærum, Asker og Stjørdal. Disse er typiske pendlerkommuner, der elbillistene vil nyte godt av de økonomiske fordelene, som gratis bomringpasing og bruk av kollektivfelt inn til byene, samt gratis parkering. I 2015 var over halvparten av norske elbiler registrert i fylkene Oslo, Akershus og Hordaland (SSB, 2016c).

Hele 20% av norske elbiler var i 2015 registrert i Akershus fylke. Av disse var det 4227 som var registret i Bærum, mens 2465 var Askerregistrerte. Sett i forhold til befolkning var det Finnøy (Rogaland) som hadde den høyeste elbilandelen i landet, med 75,8 elbiler per 1000 innbygger. Tilsvarende tall for Averøy (Møre og Romsdal) og Askøy (Hordaland), som fulgte som nummer to og tre, var henholdsvis 52 og 49,6.

Figur 2.3: Elbil per 1000 innbygger, utvalgte kommuner



2.2 Hovedlinjer i den norske elbilpolitikken

Norge har i en årrekke drevet målrettet satsing på elektrifisering av bilparken gjennom subsidieordninger til batteridrevne elbiler. Tiltakene har til hensikt å bidra til de klimagassreduksjonene Norge har forpliktet seg til gjennom internasjonale miljøavtaler og konvensjoner¹, 40 % innen 2030.

Skattleggingen av den norske transportsektoren sikrer i dag staten store inntekter. Det er registreringsavgift, årsavgift, skatt på bensin og diesel samt betaling for en rekke tunnel- og bomringpasseringer. I tillegg kommer engangsavgiften og merverdiavgift på bilkjøp på 25%. Elbilbrukere er i dag fritatt fra flere skatter og avgifter, og får en rekke fordeler sammenlignet med førere av konvensjonelle biler.

- Ingen engangsavgift.
- Ingen moms ved kjøp
- Halv firmabilbeskatning
- 455 kroner i årsavgift
- Gratis offentlig parkering
- Fritak for bompenger
- Kan kjøre i kollektivfeltet
- Fritak for fergeavgifter
- Gratis lading på de fleste offentlige ladestasjoner

(NAE, 2016)

¹Paris 2015, Kyoto 1997(2005)

Fritak fra engangsavgift og moms er tiltak som skal gjøre elbilen konkurransedyktig i det norske bilmarkedet. Samtidig kommer en rekke bruksfordeler. Klimaforliket (St.meld. nr. 34, 2006-2007), sier at fordelene skal bestå frem til 2017 eller til det er 50 000 elbiler på veien. Statsbudsjettet (2016) slår fast at momsfritaket på elbiler vil gjelde i hvert fall frem til 2020. Videre sier budsjett rapporten at «Det etableres en bindende nasjonal regel om at utslippsfrie biler skal ha halvparten av takstene til biler som ikke er nullutslippsbiler».

De lokale og nasjonale fordelene kan variere i noen grad, da bestemmelser som fritak fra parkerings- og fergeavgift blir fattet av lokale myndigheter. Sør-Trøndelag fylkeskommune gikk allerede i 2014 bort fra betalingsfritak på fylkesvegsferger, som elbileiere hadde hatt siden 2009 (Sør-Trøndelag fylkeskommune, 2014) . Flere kommuner, som Trondheim kommune, opphever også betalingsfritak på offentlig parkering, som følge av økt trafikkvolum og trengsel i sentrale og tettbygde strøk.

Figenbaum (2016) vurderer effekten av norsk elbilpolitikk og subsidieordninger på etableringen av markedet for elbiler i Norge. Han undersøker hvordan og hvorfor elbil har kommet inn på det norske markedet og hvordan samspillet mellom det politiske rammeverket, ulike markedsaktører og den teknologiske utviklingen, har skapt grobunn for en solid norsk elbilnæring.

Sterke økonomiske incentiver og nasjonale subsidieordninger trekkes frem som hovedgrunnene til den store andelen elbiler i Norge. Tiltak som reduserte brukerkostnadene skapte et effektivt nisjemarked ved elbilens inntog i Norge. Skattelettelser og -fritak har gradvis utjevnet prisforskjellen mellom elbil og konvensjonell bil, med en total brukskostnadsfordel for elbil allerede i 2013. Redusert kjøpspris og skattefradrag trekkes også i Fearnley m.fl (2015) frem som den faktoren som har bidratt mest til økningen i elbilsalget i Norge. Tidsbesparende incentiver, som tillatelse til å kjøre i kollektivfelt inn til storbyene, har også vist seg å være et av tiltakene med størst betydning. Bruk av kollektivfelt for elbilister viste seg å være så effektivt at politikerne i stor grad har gått tilbake på dette, da det hemmet kollektivtransporten i rushtiden.

Det at Norge ikke har noen egen bilproduksjon, gjorde det mulig for myndighetene å innføre elbiltiltak uten at det påvirket konkurranseevnen til en nasjonal bilindustri (Figenbaum, 2016). Samtidig gjorde lave salgstall det mulig å tilby ulike elbilfordeler til svært lave kostnader. Nasjonale, lovregulerte incentiver gir et stabilt, langsiktig politisk rammeverk. Figenbaum (2016) trekker frem interaksjonen mellom det offentlige og nisjeaktørene som viktig i etableringen av et nasjonalt elbilmarked.

Elbilincentivene har samtidig ført til flere uønskede effekter, som tapte avgiftsinntekter for Staten. For det første gir substitusjonen bort fra de høyere skattelagte konvensjonelle bilene redusert skatteinntekter for myndighetene. For det andre har gratis bomringpassering ført til betydelig inntektstap (Aasness & Odeck, 2015). På samme måte går myndighetene glipp av inntekter når elbilene parkerer gratis i byene. Inntektstapet har økt i takt med elbilsalget de siste årene.

Fridstrøm og Østli (2014) beregnet i 2014 provenytapet til 2,3 milliarder kroner. Dette stemmer godt overens med et regneeksempel av Holtmark (2012). Hans beregninger anslår et avgiftstap på om lag 48 000 kroner per elbil. I dag står batteridrevne biler for 4,2% av den totale bilparken i Norge. Dersom vi legger de samme tallene til grunn, men ser bort fra gratis parkering, vil tapet i 2017 alene tilsvare det samlede tapet frem til 2014, en flerdobling i løpet av de siste par årene. Elbilenes mulighet til å kjøre i kollektivfeltet kan være samfunnsøkonomisk fordelaktig så lenge overskuddskapasiteten i kollektivfeltene benyttes uten å forsinke forhindre kollektivtransporten. Aasness og Odeck (2015) fant at denne kapasiteten allerede har nådd en øvre grense og reisetiden med buss inn til Oslo har økt proporsjonalt med antallet elbiler som benytter kollektivfeltet.

Kostnadene er høye sammenlignet med reduksjonen av CO_2 -utslipp tiltakene har bidratt med i den samme perioden. Tilhengere av tiltakene vil argumentere for at denne kostnaden må sees som en investering i en grønnere fremtid. Det understrekes også at når det kommer til utslippsreducerende tiltak er man nødt til å velge de som er politisk gjennomførbare, slik som dagens politikk.

2.3 Produksjonseffekten

Elbilen betegnes ofte som et nullutslippskjøretøy. Selv om de lokale utslippene fra kjøretøyet er små, tas det her ikke hensyn til en rekke faktorer med innvirkning på klimagassutslippene, som utslipp i produksjon av bilen, produksjon av energi eller håndtering av komponenter når kjøretøyet går ut av drift. Det er derfor viktig å ta hensyn til alle faser av elbilens livssyklus når man skal danne seg et bilde av bilens innvirkning på miljøet.

I motsetning til konvensjonelle bensin- og dieserbiler har ikke elbilen forbrenningsmotor, men i stedet en batteripakke, elektrisk motor og elektrisk gasspedal og kjøresystem. Hovedforskjellen i produksjonen av elbiler og konvensjonelle biler ligger i produksjon av batteiet, typen batteri og dets størrelse (Nealer m.fl, 2015) . Større batteri gir større kjørerekkevidde, men samtidig et tyngre kjøretøy. En tyngre bil vil bety større veislitasje og gi mer svevestøv (se senere avsnitt), samtidig som produksjon av et større batteri i seg selv vil resultere i mer utslipp gjennom økt ressursbruk (Zeng m.fl, 2014).

Elbiler og konvensjonelle biler benytter flere ulike materialer, som kobber, aluminium og stål, i produksjon av skrog og komponenter. Vekten og materialsammensetningen til kjøretøyet avgjør mesteparten av de totale utslippene fra produksjonen. Mer materialer betyr i seg selv større utslipp. Samtidig vil enkelte materialer, avhengig av utvinningsprosess, ressurstilgang og avfallshåndtering, gi større utslipp enn andre.

Den uavhengige forskningsinstitusjonen Union of Concerned Scientists (UCS) gjennomførte i 2015 en større analyse (Nealer m.fl, 2015) av miljøgevinsten ved elbilbruk, gjennom hele kjøretøyets livssyklus. De sammenlignet to vanlige batteridrevne elbiler av ulik størrelse - en mellomstor elbil med kjørerekkevidde på 137 km og en fullstørrelses elbil med kjørerekkevidde på 427 km - med konvensjonelle biler med tilsvarende størrelse og egenskaper. De benyttet de mestselgende elbilene i 2014, Tesla Model S og Nissan LEAF, som utgangspunkt for analysen. Nissan LEAF er en mellomstor, femseters elbil med kjørerekkevidde på 137 km når fulladet (Nissan 2015). Tesla Model S er en fullstørrelses, fem- eller syvseters elbil med kjørerekkevidde på

427 km (Tesla 2015). Det antas at bilene benytter ett litium-ionbatteri (LIB) i løpet av sin levetid. UCS fant at produksjonen av mellomstore elbiler med middles kjørerekkevidde (som Nissan LEAF) hadde 15% større klimagassutslipp, eller 1 tonn CO_2 mer, enn en tilsvarende bensin- eller dieselbil. For en fullstørrelses elbil med stor kjørerekkevidde (Tesla Model S) var utslippene fra produksjonen 64% høyere enn for en bensin- eller dieselbil med tilsvarende størrelse og egenskaper. De fant at hovedforskjellene i produksjonen lå i produksjonen av bilens batterier, som utgjorde henholdsvis 24% og 36% av de totale produksjonsutslippene for Nissan LEAF og Tesla Model S.

Behandlet aluminium og kobber utgjør omtrent en tredjedel av et litium-ionbatteri, og står for nærmere halvparten av klimagassutslippene og livsløpsenergibruk (Dunn m.fl, 2012). Dette inkluderer både utvinning, behandling og håndtering når batteriet går ut av drift. Aluminium er imidlertid resirkulerbart. Dunn m.fl (2012) anslår at batterier produsert med 100% resirkulert aluminium reduserer produksjonsutslippene med inntil 33%. Batteriene består av ulike sammensetninger av tungmetaller, organisk materiale og plast. Med økt etterspørsel øker ressursbruken, og særlig etterspørselen etter litium og kobolt har økt kraftig de siste årene (Zeng m.fl, 2014). Resirkulering av materiale vil være nødvendig for å få ned klimagassutslipp og energikonsumet i produksjonen, utnytte knappe ressurser på en mer lønnsom måte og forhindre forurensing fra miljøskadelige komponenter dersom disse ikke håndteres på en forsvarlig måte.

Skroting av bilene inngår også i produksjonsregnskapet. Skroting refererer til de delene av kjøretøyet som ender på et avfallsdeponi. Klimagassutslippene fra skroting av biler (el og konvensjonelle) er relativt små, og nokså like for begge typen biler. Anslagsvis utgjør skrotingen 5% av totale produksjonsrelaterte utslipp (Nealer & Hendrickson, 2015; Hawkins m.fl, 2012). Forskjellen ligger i håndteringen av batteriene.

I tillegg til utvinning av ressurser, produksjon av komponenter og montering kommer lagring og transport. Denne oppgaven vil imidlertid ha hovedfokus på miljøeffektene forbundet med selve kjøringen av elbil.

2.4 Kjøreeffekten

Størsteparten av en bils utslipp av klimagasser kommer fra drivstofforbruk ved kjøring². For en konvensjonell bil skjer dette ved forbrenning av drivstoff, som bensin og diesel. I tillegg til selve kjøreeffekten kommer utvinning og fremstilling av drivstoffet i første omgang. For elbilen, som drives av elektrisk ladbare batterier, er det svært små til ingen klimagassutslipp fra selve kjøringen. Kjøringen har imidlertid en indirekte utslippseffekt i form av elektrisitetsproduksjon (Timmers & Achten, 2016; van Vliet m.fl, 2010). Utslippsmengden vil avhenge av hvordan elektrisiteten benyttet til lading av kjøretøyet blir produsert.

Den norske veitrafikken, målt i samlet kjørelengde, har økt med nærmere 17% de siste ti årene (SSB, 2016c). I samme periode har klimagassutslippene fra veitrafikken imidlertid kun økt med 7%. Teknologiske fremskritt, som gir mer drivstoffgjerrige kjøretøy, gjør nyere biler i stand til å kjøre betydelig lengre på samme mengde drivstoff, sammenlignet med tidligere. I disse beregningene fra SSB vil ikke bruk av elektrisitet eller biodrivstoff gi klimagassutslipp fra veitrafikk. Vi vet imidlertid at kjøring med elbil har en indirekte utslippseffekt ved kjøring gjennom produksjon av elektrisk kraft til lading.

2.4.1 Svevestøvutslipp

Før innføring av strengere luftkvalitetsstandarder var eksos en av hovedkildene til svevestøvutslipp fra veitrafikken (Miguel m.fl, 1998). Ettersom kravene til luftkvalitet ble skjerpet har utslipp fra eksos utgjort en betydelig mindre andel av svevestøvutslippene. Bergmann m.fl (2009) fant at innføring av partikkelfilter reduserte svevestøv i eksosen fra biler med 99,3%. Utslipp utenom eksos står i dag for 90% av PM_{10} -utslippene og 85% av $PM_{2,5}$ -utslippene³ fra veitrafikken (Timmers & Achten, 2016). Det er hovedsaklig fra bremses, dekkslitasje og slitasje på veidekke som virvler opp svevestøv. Timmers og Achten (2016) påviste en positiv sammenheng mellom kjøretøyets vekt og mengden svevestøvutslipp. De fant at elbiler i snitt veier 24 % mer enn konvensjonelle biler med tilsvarende egenskaper og størrelse. Høyere vekt betyr raskere slitasje av

² Nealer m.fl (2015), Timmers & Achten (2016), van Vliet m.fl (2010)

³ Svevestøvpartikler med en diameter under 10 og 2,5 mikrometer, henholdsvis

bremses og dekk, samt at kjøretøyet virvler opp mer svevestøv fra veidekket. De sammenlignet mengden svevestøv produsert av en elbil og konvensjonell bil med tilsvarende størrelse og egenskaper. De samlede PM_{10} -utslippene var like for begge typer kjøretøy, mens $PM_{2,5}$ -utslippene kun var 1-3% lavere for elbiler, når man inkluderte utslipp fra eksos. Høyere vekt hos elbiler utligner utslippsbesparelsen fra eksosutslippet, og elbilen gir dermed svært liten til ingen reduksjon i svevestøvutslipp sammenlignet med tilsvarende konvensjonelle biler (Timmers & Achten, 2016). Partiklene i veistøvet er imidlertid større enn de finere partiklene fra eksosen, og forflytter seg dermed ikke over like store avstander. Dette gjør veistøvforurensningen til et større problem lokalt, der trafikken finner sted.

2.4.2 Energimiks og -produksjon

Som nevnt vil energikilden som benyttes i produksjon av elektrisitet avgjøre utslippene fra elbiler. Norge er i en særposisjon i verdenssammenheng når det kommer til andel fornybar energi. På verdensbasis ser dette helt annerledes ut. I dag består den globale elektrisitmiksen av kun en femtedel energi fra fornybare kilder, mens fossilt brennstoff utgjør nærmere 90 % (37% olje, 24% gass og 26% kull av totalen). I følge beregninger fra International Energy Outlook (DOE, 2011) vil andelen gradvis øke til 29 % i 2040. Drøyt 20 år fra nå vil med andre ord fossile kilder stå for en veldig stor del av verdens energiforbruk. Dersom en legger den globale energimiksen til grunn vil elbilene indirekte ha utslipp også i bruk, ved at bilen delvis forsynes av strøm fra fossile kilder.

Av den totale elektrisitetsproduksjonen i Norge, regnes over 98% av produksjonen i dag som fornybar. Norge har lange tradisjoner for vannkraftproduksjon, som sammen med vindkraft- og varmekraftproduksjon utgjør all elektrisitetsproduksjon i Norge (SSB, 2016b).

Produksjonen av elektrisk kraft i Norge var i 2015 på 144,5 TWh. Av den totale elektrisitetsproduksjonen i Norge utgjorde vannkraftproduksjon 95,8% mens vindkraft- og varmekraftproduksjon utgjorde henholdsvis 1,7% og 2,5%.

Tabell 2.1: Elektrisitetsproduksjon i Norge, 2015

	TWh	Andel i %	Endring fra 2014
Vannkraft	138.4	95.8 %	1.7
Vindkraft	2.5	1.7 %	13.4
Varmekraft fossil	3.1	2.1 %	-0.7
Varmekraft bio	0.2	0.1 %	n/a
Total	144.5	100%	1.8
Fornybar	140.9	97.6 %	n/a

Fornybarandelen var på 97,8% og består av 138,4 TWh vannkraftproduksjon, 2,5 TWh vindkraftproduksjon og 0,2 TWh varmekraft fra biobrensel. Produksjon fra fossile brensler (som kull, gass og olje) var på 3,1 TWh (SSB, 2016b; NVE, 2015).

Livsløpsanalyser av elektrisitetsproduksjon viser at klimagassutslippene fra fornybare energikilder, som vann- og vindkraft, er vesentlig lavere enn for produksjonsmetoder som benytter fossile energikilder, som gass eller kull. I gjennomsnitt har fornybare energikilder et klimagassutslipp gjennom hele sitt livsløp på 4-46 g CO_2 /kWh. (IPCC, 2012). Livsløpsutslippene fra vannkraftproduksjon ligger på 4-14 g CO_2 /kWh. Dette er lavere enn for produksjon ved sol- og vindenergi, og gir vesentlig mindre CO_2 -utslipp per kWh enn kraftproduksjon med bruk av fossile energikilder.

Tabell 2.2: Livsløpsutslipp kraftproduksjon, g CO_2 /kWh

	Min	Max
Vannkraft	4	14
Vindkraft	8	20
Solenergi	30	80
Gasskraft	400	550
Kullkraft	875	1125

I tillegg til at vannkraftproduksjon i seg selv gir svært lave utslipp, gjør lite vegetasjon i de oppdemmede områdene at utslippene av metan og CO_2 fra norsk vannkraftproduksjon er lavere enn andre steder i verden (Modahl & Raadal, 2015).

Bruk av kraftproduksjonsmetode er avgjørende for miljøeffekten av bilkjøringen. Tallene for drivstofføkonomi og kjørelengde er basert på tall fra det amerikanske energidepartementet (DOE, 2011). I dette regneeksempelet (tilsvarende er bl.a. beskrevet i Holtsmark & Skonhoft, 2016) benyttes tre vanlige elbilmodeller; Nissan LEAF med en batteripakke på 24 kWh, Tesla Model S med batteripakke på 60 kWh og Tesla Model S med batteripakke på 85 kWh. De tre modellene har en gjennomsnittlig energibruk per kilometer kjørt på henholdsvis 0,21 kWh/km, 0,36 kWh/km og 0,38 kWh/km. Større batteripakke betyr at bilens kjørelengde utvides, men tyngre batteripakke øker også energiforbruket per kilometer. Et gjennomsnittlig amerikansk kullkraftverk har et utslipp på 1000 g CO_2 /kWh. Dette kan anses å være et godt anslag for globale gjennomsnittsutslipp fra kullkraftverk (Weisser, 2007; IPCC, 2012). Med kullkraft vil en Nissan LEAF med 24 kWh batteripakke ha et utslipp på

$$0,21 \text{ kWh/km} \times 1000 \text{ gCO}_2/\text{kWh} = 210 \text{ gCO}_2/\text{km}. \quad (2.1)$$

Tilsvarende vil Tesla Model S ha et utslipp på 360 g CO_2 /km for 60 kWh batteripakke og 380 g CO_2 /km for 85 kWh batteripakke, ved bruk av kullkraft. Ved bruk av elektrisitet produsert med gass vil en Nissan LEAF ha et utslipp mellom 84 og 115,5 g CO_2 /km, basert på denne dataen.

De tre mest solgte elbilene i Norge er Volkswagens e-Golf, Nissan Leaf og Tesla Model S (OFVAS, 2017a). Disse har et strømforbruk på 0,20-0,36 kWh/km. Forsynt av global elmiks gir dette et utslipp på omlag 100-140 gram CO_2 /km, som er i samme klasse som en rekke av de mest utslippsgjerrige bensin- og dieseldrevne bilene (Spritmonitor, 2017). Tallene overfor ser naturligvis annerledes ut når elbilene forsynes av nordisk eller norsk elmiks, som har betydelig større andel fornybar energi. Basert på norsk energimiks, får vi et gjennomsnittlig reelt utslipp på omtrent 30 g CO_2 /km for de vanligste elbiltypene i Norge (SSB, 2016b; NVE, 2015; Peters, 2010; Bruvoll & Larsen, 2004).

Mock m.fl (2013) og Mock m.fl (2015) sammenlignet en rekke undersøkelser for observert drivstofforbruk i en rekke europeiske land. Disse tallene er så sammenlignet med de typegodkjente utslippene for ulike årganger av de vanligste bensin- og dieseldrevne personbilmodellene. På bakgrunn av dette har de beregnet avviket mellom offisielle og reelle tall for CO_2 -utslipp i biltrafikken. Lignende tall finnes også for Norge.

De offisielle tallene for Norge var i 2014 på 118 g CO_2 /km for bensinbiler og 135 g CO_2 /km for dieselmotorer. For den samlede norske veitrafikken ble det i 2014 oppgitt et utslipp på 110 g CO_2 /km. Det samme tallet for EU var på 125 g CO_2 /km (Mock m.fl, 2013; Mock m.fl, 2015; EEA, 2015; OFVAS, 2017b). De reelle tallene viser seg imidlertid å være mye høyere.

Tabell 2.3: Offisielle og reelle utslipp, g CO_2 /km

Biltype	Offisiell	Reell
Bensin Norge	118	165
Diesel Norge	135	185
Elbil, norsk energimiks	-	30
Elbil, global energimiks	-	100-140
Samlet veitrafikk Norge	110	150
Samlet veitrafikk EU	125	175

Australske myndigheter beregnet i 2014 at en gjennomsnittlig bensindrevet personbil hadde et reelt utslipp på 188 g CO_2 /km. Anslagene for USA viste seg å være på omtrent samme nivå; 186 g CO_2 /km (IEA, 2016).

Kapittel 3

Data

3.1 Undersøkelse

Ettersom det er gjort lite økonometrisk forskning på substitusjonsgraden mellom elbiler og konvensjonelle biler, avgjorde vi å samle inn egne data til bruk i den empiriske delen av oppgaven. Dette ble gjort gjennom en online spørreundersøkelse blant de ansatte ved NTNU. Undersøkelsen, som ble utført gjennom Google Forms, ble gjort tilgjengelig for alle ansatte ved universitet via den interne informasjonsplattformen Innsida. For å oppnå så oppriktige svar som mulig, ble undersøkelsen presentert som en generell undersøkelse om reisevaner, heller enn en undersøkelse om effekter av elbiler. Før den ble distribuert ble undersøkelsen prøvd ut av et lite utvalg medstudenter, for å sikre at gjennomføringen fungerte som den skulle. Etter en intern misforståelse ble undersøkelsen gjort tilgjengelig før den var ferdig redigert og kvalitetssikret. Da den ble lagt ut på nytt ble det oppfordret til at de som hadde svart første gang, tok seg tid til å svare på nytt. Duplikater ble luket ut for å unngå flere svar fra samme personer i datasettet.

3.2 Utforming

Hele undersøkelsen bestod av 32 spørsmål. En del av spørsmålene var imidlertid ikke relevante for alle respondenter, for eksempel var det en del spørsmål som kun var relevant for de som eier elbil. Undersøkelsen var derfor utformet slik at svaret som ble avgitt på det enkelte spørsmål avgjorde hvilke andre spørsmål respondenten fikk. På denne måten ble irrelevante spørsmål for

den enkelte respondent holdt til et minimum. Undersøkelsen tok derfor ikke mange minuttene å gjennomføre, selv for de som var så «uheldige» å få mange spørsmål. Stort sett svarte respondentene gjennom alternativer fra en rullemeny. Enkelte av spørsmålene krevde at respondentene skrev inn et kort svar, hovedsakelig i form av tall. Alle spørsmål respondenten fikk om sine reisevaner var obligatorisk å besvare for å gå videre. I tillegg ble det spurt om kjønn, alder, inntekt, utdanning og bosted. Dette var frivillig å svare på. På grunn av undersøkelsens utforming er det ikke like mange svar på alle spørsmål, som varierer helt fra 53 til 1269 observasjoner på de forskjellige variablene. Totalt var det 1271 personer som svarte på undersøkelsen. Undersøkelsen gir tverrsnittsdata, men er likevel utformet for å til en viss grad fange opp endringer i atferd over to tidsperioder. Dette ble gjort ved at respondenter på enkelte spørsmål ble spurt om tidligere atferd, som kan sammenlignes med deres atferd i dag (år 2016).

3.3 Deskriptiv statistikk

Som nevnt var det totalt 1271 personer som besvarte undersøkelsen. De fleste av disse tilhører NTNU Trondheim, men enkelte tilhører også NTNUs campuser i andre byer. De viktigste variablene for analysene i denne oppgaven var hva slags type biler respondentenes husstand eide (elbil eller konvensjonell), samt antall kilometer som ble tilbakelagt med ulike typer kjøretøy.

Tabell 3.1: Antall biler i husholdningen

Antall	Alle biler	%	Konvensjonell	%	Elbil	%
0	180	14.2%	200	15.7%	1120	88.1%
1	667	52.5%	719	56.6%	103	8.1%
2	330	26.0%	269	21.2%	0	0.0%
3	41	3.2%	30	2.4%	0	0.0%
4	5	0.4%	5	0.4%	0	0.0%
Ukjent	48	3.8%	48	3.8%	48	3.8%
Totalt	1271	100.0%	1271	100.0%	1271	100.0%

Av tabell 3.1 ser vi at omtrent 14% i utvalget ikke har tilgang på bil i sin husholdning. Om lag 52% har én bil, mens tallet for to eller flere biler er 30%. Dette er noenlunde i tråd med tall fra Transportøkonomisk Institutt sin reisevaneundersøkelse fra 2014. Det vil være naturlig å sammenligne med tall for Sør-Trøndelag, som var på henholdsvis 13%, 45% og 42% for null, én og to biler (Hjorthol m.fl, 2014). Antall personer som bor i husholdning med tilgang på bil er i tråd med nasjonale tall (Hjorthol m.fl, 2014) som viser at i Sør-Trøndelag har 87% av husholdningene minst én bil.

Når det gjelder kjønnsfordelingen i utvalget, er det en overraskende høy andel kvinner, nær 60%. Det er uvisst hva denne skjevheten kommer av, da det ikke representerer kjønnsfordelingen blant ansatte på NTNU særlig godt, særlig ikke blant akademisk ansatte.

Tabell 3.2: Kjønnsfordeling

Kjønn	Antall	Prosent
Mann	515	40.6%
Kvinne	752	59.3%
Ukjent	4	0.2%
Totalt	1271	100.0%

Som vi ser av tabell 3.3 er andelen elbiler av den totale bilparken en god del høyere i vårt utvalg enn på landsbasis (OFVAS, 2017c; SSB, 2017c). Dette tyder på et ikke perfekt representativt utvalg. Imidlertid skal det nevnes at elbilandelen i Norge er betydelig høyere i og rundt de store byene (SSB, 2017c), som kan bidra til å forklare den høye andelen i utvalget, der de fleste er bosatt i og rundt Trondheim.

Tabell 3.3: Andel elbiler

	Utvalg	Landsbasis	Sør-Trøndelag
Andel elbil	7.0%	4.2%	5.0%

Som tabell 3.4 og tabell 3.5 viser, har utvalget en overvekt av høyt utdannede mennesker med høy inntekt. Vi ser at over 90% av respondentene tjener over 400 000 kr, og om lag tre fjerdedeler har mastergrad eller doktorgrad. Dette er verdier godt over landsgjennomsnittet (SSB, 2016a; SSB, 2017b), og gjenspeiler den homogene massen utvalget består av.

Tabell 3.4: Inntektsfordeling

Inntekt	Antall	%
0 - 100 000 kr	6	0.5%
101 000 - 200 000 kr	5	0.4%
201 000 - 300 000 kr	15	1.2%
301 000 - 400 000 kr	62	4.9%
401 000 - 500 000 kr	471	37.1%
501 000 - 600 000 kr	321	25.3%
601 000 - 700 000 kr	211	16.6%
Over 700 000 kr	140	11.0%
Ukjent	40	3.1%
Totalt	1271	100.0%

Tabell 3.5: Utdanning

Utdanning	Antall	%
Grunnskole	6	0.5%
Videregående	90	7.1%
Høyskole/Universitet 1-3 år	207	16.3%
Høyskole/Universitet 4-5 år	643	50.6%
Doktorgrad	318	25.0%
Ukjent	7	0.6%
Totalt	1271	100.0%

Sentralt i analysen står å undersøke om det er signifikante forskjeller i bruk og atferd mellom elbileiere og andre. Grunnet incentivene til å anskaffe (og bruke) elbil, er det rimelig å anta at det kan være forskjeller mellom gruppene. Dette er avgjørende for å kunne si noe om erstatningsgraden mellom elbiler og konvensjonelle biler. Tabell 3.6 viser gjennomsnittlig antall biler i husholdningene i utvalget, fordelt i grupper.

Tabell 3.6: Antall biler, gjennomsnitt

Gruppe	Antall
Totalt	1.20
Totalt blant elbileiere	1.91
Konvensjonelle biler	1.12
Konvensjonelle biler blant elbileiere	0.91

Som tabellen over viser, eier husholdninger som har elbil i gjennomsnitt nesten to biler. Dette er betydelig høyere enn snittet for alle husholdninger (1.2 biler). Tallene viser også at husholdninger som eier minst én elbil, i snitt eier nesten én konvensjonell bil hver. Til sammenligning er tallet bare marginalt høyere enn én konvensjonell bil i snitt, sett over hele utvalget. Disse tallene tyder på at det er forskjeller mellom elbileiere og andre. Dette testes empirisk i senere kapitler.

Tabell 3.7 viser andelen av husholdninger som eier mer enn én bil, igjen fordelt på grupper.

Tabell 3.7: Andel husholdninger med flere biler

Gruppe	Prosent
Alle	30.74%
Blant ikke-elbileiere	26.16%
Blant elbileiere	80.58%

Dette støtter opp om tallene fra forrige tabell, og viser en tydelig tendens til at elbileiere i større grad enn andre eier to biler. Dette sier naturligvis ikke alt om erstatningsgrad, men er like fullt interessant for analysen. Den store forskjellen reflekterer de økonomiske incentivene som eksisterer for å anskaffe elbil som bil nummer to i husholdningen.

Den siste tabellen (3.8) oppsummerer nøkkeltall for et utvalg andre variable som er sentrale for den empiriske analysen i senere kapitler.

Tabell 3.8: Utvalgte variable, deskriptiv statistikk

Variabel	Obs	Gjennomsnitt	Std. Avvik	Min	Max
Førerkort	1266	1.83	0.75	0	5
Alder	1251	44.83	12.10	20	72
Reisevei til jobb, km	1216	10.16	13.61	0	130
Reisetid til jobb med bil, min	1216	16.19	13.18	0	120
Reisetid til jobb kollektivt, min	1210	32.23	23.50	0	180
Diff. reisetid, kollektivt-bil	1265	15.26	16.89	-45	142.5
Ant. km, konvensjonell + elbil	1155	13899.09	19145.12	0	300000
Ant. km, konvensjonell bil	1155	12964.45	17872.27	0	300000
Ant. km, elbil	96	11245.00	12767.13	0	80000

For å se hvor representativt utvalget er, kan en igjen sammenligne med nasjonale tall. En gjennomsnittlig personbil i Norge kjører 12 480 km i året (SSB, 2017a). Dette stemmer godt overens med våre tall. Også gjennomsnittlig reisevei og –tid er i tråd med nasjonale tall. Gjennomsnittlig reisevei er ifølge Hjorthol m.fl (2014) beregnet til 11,3 km i Trondheim, og reisetid, der det ikke skilles mellom reisemetoder, er 24 minutter.

3.4 Mulige problemer med datasettet

Den største potensielle utfordringen med datasettet er at utvalget ikke er vilkårlig, men er hentet fra ansatte på NTNU. For å få et så representativt utvalg som mulig burde en ha gjennomført en undersøkelse som favner mye bredere enn vi hadde muligheten til i forbindelse med denne oppgaven. Som nevnt tidligere er vårt utvalg en nokså homogen gruppe hva gjelder inntekt, utdanning, arbeid og bosted. Dette kan gi opphav til skjeve estimatorer, dersom utvalget ikke er representativt for populasjonen (se forutsetninger for OLS, kap. 4.2.1). Som dette kapitlet viser, er imidlertid de fleste tall i tråd med nasjonale og regionale gjennomsnitt, som er gode nyheter med tanke på relevansen til den videre analysen. Samtidig er utvalget nokså lite, særlig for gruppen med elbileiere, som er fokus i denne oppgaven. Standardavvikene er her jevnt over høyere enn ønskelig. En skal derfor være svært varsom i tolkningen av de empiriske resultatene, særlig når det kommer til å konkret tallfeste effekter fra regresjonene som benyttes i senere kapitler.

Vårt datasett er delvis basert på verdier som kan være vanskelig å svare helt korrekt på. Dette gjelder særlig antall kjørte kilometer med bil i løpet av et år. Mange har ikke oversikt over egen bilbruk i så stor grad at de kan svare pålitelig på dette. Her er det en fordel om de som ikke vet, lar være å svare, heller enn å gjette. Svarene vi fikk i undersøkelsen tyder i stor grad på at dette også er tilfellet. Mange er også i den situasjonen at de kan svare omtrentlig, med et rundt tall som 10 000 eller 15 000 km, og veldig mange svar er slike runde tall. I tillegg til antall årlige kilometer, kan verdier som reisevei og reisetid være vanskelig for enkelte å svare på. Dette anser vi likevel for å ikke være forbundet med feilmarginer av særlig betydning i vår analyse. Dette fordi det er rimelig å anta at de fleste har en ganske nøyaktig oppfatning av hvor lang tid de bruker til jobb, da dette er noe de fleste gjør hver eneste dag. De andre variablene skal være enkle å svare på, slik som antall biler og førerkort i husholdningen og personalia.

Som nevnt vil hovedutfordringen med eventuelle målefeil i vår analyse være knyttet til antall kjørte kilometer årlig. Her er det uunngåelig med noe feilmarginer, selv om dette er forsøkt korrigert for så godt som mulig. Blant annet er usannsynlige verdier luket ut av datasettet. Der respondenter har oppgitt et intervall (f.eks. 15 000 – 20 000 kilometer), har vi konsekvent benyttet gjennomsnittet for hver observasjon.

Målefeil har ulike effekter på en regresjonsanalyse, avhengig av om de forekommer i responsvariabel eller forklaringsvariable. Som det vises i senere kapitler vil eventuelle målefeil i våre analyser kun være forbundet med avhengig (venstreside) variabel. Dette gir ikke opphav til feil-estimerte koeffisienter på forklaringsvariable, og anses derfor ikke for å være et problem av betydning i vår analyse. Det er ingen grunn til å anta at respondenter konsekvent over- eller underestimerer antall kjørte kilometer, slik at forventningen til responsvariabelen vil være null. Eneste effekt av målefeil her vil da være forhøyde standardavvik, og således redusert sjanse for å få statistisk signifikante effekter. Modellen vil imidlertid fremdeles være konsistent og forventningsrett (Woolridge, 2013a).

En Shapiro-Wilk-test indikerte ikke-normalitet i dataene. I analysen benyttes derfor tester som ikke krever normalfordelte utvalg. Testen ligger vedlagt i *Tillegg C*.

Kapittel 4

Metode

4.1 Motivasjon

Denne oppgaven har til hensikt å studere effekten av elbil. Som nevnt tidligere er det naturlig å skille mellom produksjonseffekt og kjøreeffekt når det gjelder elbilens påvirkning på miljøet. Vår analyse begrenser seg til å omfatte kjøreeffekten av elbiler i Norge i 2016. Analysen baserer seg dermed ikke på den hypotetiske situasjonen der hele bilparken er elektrifisert, men snarere i hvilken grad elbilen påvirker transportatferd og følgelig miljøet i en slik begynnende overgangsfase som Norge befinner seg i (SSB, 2017c).

Om en total utfasing realiseres, er en slik overgang imidlertid forbundet med en betydelig treghet, blant annet på grunn av den lange levetiden til personbiler. Norske personbiler har en gjennomsnittlig levetid på 18,3 år (SSB, 2017c). Det er altså rimelig å anta at en tilnærmet totalutskiftning av den norske bilparken ikke vil være fullendt før tidligst 2043. Dette hvis en legger til grunn den innfasingstakten foreslått i Nasjonal transportplan, omtalt i innledningskapittelet.

I den videre empiriske analysen vil vi hovedsakelig undersøke i hvilken grad elbiler erstatter konvensjonelle biler i dag. I lys av myndighetenes målsetninger for klimavennlig transport er det også interessant å se hvordan potensielle endringer i transportatferd som følge av økt elbilbruk er i tråd med disse målsetningene.

Vi vil benytte både regresjonsmodeller og såkalte ikke-parametriske tester. Førstnevnte bruker vi til å se effekten av forskjellige variable på total personbiltransport og på transport med konvensjonelle biler. Det mest interessante her blir naturligvis effekten av det å eie elbil på total og konvensjonell kjøring. De andre testene vil benyttes til å studere om det er forskjeller i kjøreatferd mellom elbileiere og andre, samt se om atferden for elbileiere har endret seg etter at de fikk seg elbil.

4.2 Regresjonsanalyse

4.2.1 Minste kvadraters metode - OLS

Multipel regresjonsanalyse benyttes til å studere effekten av flere forklaringsvariable på en avhengig variabel. Dette kan fremstilles generelt i en modell etter Woolridge (2013b):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + u_i \quad (4.1)$$

der

y er den avhengige variabelen som vi ønsker å se effekten på (antall kjørte kilometer).

β_0 er konstantleddet i den lineære funksjonen

β_i måler endringen i y med hensyn til x_i , dersom andre faktorer holdes uendret. $i = 1, \dots, k$

u_i er stokastisk restledd som inneholder all variasjon som ikke fanges opp i forklaringsvariablene.

Vi skriver predikert verdi på y ved bruk av minste kvadraters metode som:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_k x_k \quad (4.2)$$

der $\hat{\beta}_i$ er estimatorer for β_i . Videre har vi at:

$$\hat{u}_i = y_i - \hat{y}_i \quad (4.3)$$

Estimatorene $\hat{\beta}_i$ velges så ligning 4.2 er den som minimerer summen av kvadrerte residualer:

$$\min \sum \hat{u}_i^2 = \min \sum (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik})^2 \quad (4.4)$$

Minste kvadraters metode (OLS) estimerer den lineære sammenhengen mellom y og en funksjon av x -ene som minimerer summen av kvadrerte residualer. Dette er differansen mellom observerte verdier i datamaterialet og estimert verdi i funksjonen. Grafisk sees dette som den vertikale differansen mellom hver observasjon og den estimerte funksjonen. Residualene kan sees som det observerbare motstykket til det stokastiske restleddet u_i i ligning 4.1.

Gitt forutsetningene i informasjonsboksen under, gir OLS benyttet på ligning 4.1 konsistente og forventningsrette estimater på effekten av forklaringsvariablene (x -ene) på antall årlige kilometer kjørt (y). En Breusch-Pagan-test forkastet nullhypotese om homoskedastisitet, slik at robuste standardavvik benyttes i regresjonsanalysen. Testen ligger vedlagt i *Tillegg C*.

Forutsetninger (Woolridge, 2013c)

1. Modellen er korrekt spesifisert og lineær i parametrene
2. Datamaterialet består av et tilfeldig utvalg fra populasjonen
3. Forventningen til restleddet er null:
$$E(u_i | x_i, \dots, x_k) = 0, i = 1, \dots, N$$
4. Ingen multikollinearitet, altså at ingen av forklaringsvariablene er for sterkt korrelert med hverandre
5. Restledd har samme varians over alle observasjoner, i.e. homoskedastisitet:
$$\text{Var}(u_i | x_i, \dots, x_k) = \sigma^2, i = 1, \dots, N$$
6. Normalfordelte og ukorrelerte restledd:
$$\text{cov}(u_i, u_j) = 0 \text{ for } i \neq j$$

I vår analyse benyttes minste kvadraters metode (OLS) til å estimere effekten av ulike variable på total bilkjøring og på kjøring med konvensjonell bil.

4.2.2 Heckmans seleksjonsmodell

En betydelig del av respondentene oppgir antall kjørte kilometer som 0. De fleste av disse sammenfaller med de som ikke eier bil. Vi må da benytte en modell som tar hensyn til en slik opphopning rundt null. Vi observerer bare positivt antall kjørte kilometer for de som har bil, og valget om å eie bil er ikke tilfeldig. Altså er ikke de sensurerte observasjonene i datasettet tilfeldig valgt. Heckmans seleksjonsmodell tar hensyn til dette. Utledningen videre følger Verbeek (2012).

Vi er interessert i kjørelengder med bil forklart med utvalgte variable. Vi skal undersøke modeller både for kjøring med konvensjonell bil, og for total bilkjøring. Vi kan skrive sammenhengen som:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + u_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (4.5)$$

der y_i er kjørelengde, β_0 er konstantledd, β_i er effekten av x_i på antall kilometer kjørt. u er stokastisk restledd som antas uavhengig og identisk fordelt og ukorrelert med x -ene. Vi observerer imidlertid kun y for de som eier bil. Dersom de samme variable som forklarer antall kilometer kjørt også påvirker valget om å eie bil vil vi feilestimere effektene av disse. Vi har altså det vi omtaler som selvseleksjon: hvem som er med i utvalget er ikke tilfeldig, fordi valget om å eie bil ikke er tilfeldig. Vi må derfor modellere valget om deltagelse, vi kaller dette seleksjonsligningen:

$$h_i^* = \alpha_0 + \alpha_1 x_{1i} + \alpha_2 x_{2i} + \alpha_3 x_{3i} + \alpha_4 x_{4i} + \alpha_5 x_{5i} + \alpha_6 x_{6i} + v_i \quad (4.6)$$

Dette er en underliggende og uobserverbar ligning som beskriver nytten av å ha bil. Den ekstra forklaringsvariablen sammenlignet med ligning 4.5 er en variabel som antas å påvirke valget om å eie bil, men ikke antall kilometer kjørt, gitt at man eier bil. Vi observerer imidlertid ikke denne nytten, men kun om et individ eier bil eller ikke. Vi antar følgelig at individet eier bil dersom nettogevinsten av dette er positiv. Vi observerer dermed variabelen:

$$h_i = \begin{cases} 1, & \text{hvis } h_i^* > 0, \text{ dvs hvis } v_i > -(\alpha_0 + \alpha_i x_i) \\ 0, & \text{hvis } h_i^* \leq 0, \text{ dvs hvis } v_i \leq -(\alpha_0 + \alpha_i x_i) \end{cases} \quad (4.7)$$

Ligningene 4.6 og 4.7 viser hvordan observasjonsutvalget for estimering trekkes fra utvalget. Vi antar så:

- $x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, x_{4i}, x_{5i}, x_{6i}$ observeres for alle. y_i observeres bare når $h_i = 1$.

- u_i og v_i er ukorrelert med forklaringsvariable og har forventning 0.
- u_i og v_i følger en bivariat normalfordeling:

$$(u_i, v_i) \sim N(0, \sigma)$$

- Vi normaliserer variansen til restleddet i seleksjonsligningen, i.e. $\sigma_v = 1$. Vi får da varians-kovarians-matrisen:

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_u^2 & \sigma_{uv} \\ \sigma_{uv} & 1 \end{pmatrix}$$

Det kan da vises at:

$$E(u_i | v_i > (\alpha_0 + \alpha_i x_i)) = \sigma_{uv} \frac{\phi(\alpha_0 + \alpha_i x_i)}{1 - \Phi(\alpha_0 + \alpha_i x_i)} \quad (4.8)$$

og

$$E(u_i | v_i > -(\alpha_0 + \alpha_i x_i)) = \sigma_{uv} \frac{\phi(\alpha_0 + \alpha_i x_i)}{\Phi(\alpha_0 + \alpha_i x_i)} \quad (4.9)$$

hvor ϕ og Φ er henholdsvis tetthetsfunksjon og kumulativ fordelingsfunksjon for standard normalfordelt variabel.

Vi kan se på forventningen til antall kjørte kilometer, betinget på forklaringsvariablene og at individet har bil:

$$E(y_i | x_i, h_i = 1) = \beta_0 + \beta_i x_i + E(u_i | h_i = 1) = \beta_0 + \beta_i x_i + E(u_i | v_i > -(\alpha_0 + \alpha_i x_i)) \quad (4.10)$$

Ved å bruke resultatet i 4.9 og at $\sigma_v = 1$ får vi at:

$$E(y_i | x_i, h_i = 1) = \beta_0 + \beta_i x_i + \sigma_{uv} \lambda \quad , \quad \lambda = \frac{\phi(\alpha_0 + \alpha_i x_i)}{\Phi(\alpha_0 + \alpha_i x_i)} \quad (4.11)$$

Så lenge $\sigma_{uv} \neq 0$, har vi et seleksjonsproblem. Dette innebærer at de samme variable som påvirker valget om å eie bil, også påvirker antall kjørte kilometer. Heckmans tostegsmodell behandler dette som et utelatt variabel-problem, der den utelatte variabel er nettopp λ (Også kalt Heckmans lambda eller den inverse Millsraten). Ved å inkludere denne i interesseligningen, 4.5, kan vi korrigere for seleksjonsskjevheten. λ er ukjent, men vi kan estimere denne konsistent gjennom modellens første steg.

Steg 1: Estimerer seleksjonsligningen:

$$P(h_i = 1) = P(h_i^* > 0) = P(\alpha_0 + \alpha_i x_i + v_i > 0) = P(v_i > -(\alpha_0 + \alpha_i x_i)) \quad (4.12)$$

Vi har forutsatt at v_i er standard normalfordelt, og således er dette en standard Probit-modell som estimeres med Maximum Likelihood-metoden. Dette gir oss estimater på α -ene. Deretter kan vi beregne et konsistent estimat på λ :

$$\hat{\lambda} = \frac{\phi(\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_i x_i)}{\Phi(\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_i x_i)} \quad (4.13)$$

Steg 2: Estimer ligningen for årlig kjørelengde med bil:

$$y_i = \beta_0 + \beta_i x_i + \delta \hat{\lambda}_i + u_i \quad (4.14)$$

Denne ligningen kan estimeres med OLS, og vil, gitt forutsetningene, gi konsistente estimater. Vi kan undersøke om vi har problemer med seleksjonsskjevheter i modellen ved å teste koeffisienten foran λ . Dersom δ ikke er signifikant ulik null er ikke problemer med endogen seleksjon av særlig betydning.

Det er ønskelig å ha med ekstra variable i deltagerligningen, som ikke er del av utfallslikningen. Dette skal være én eller flere variable som påvirker valget om å eie bil, men som ikke påvirker antall kjørte kilometer når man først eier bil. Dette er for at mer enn ikke-lineariteten til Heckmans lambda skal bidra til identifikasjon av modellen. Å pålegge slike eksklusjonsrestriksjoner er utfordrende, da det kan være vanskelig å avgjøre hvor identifiserende de er for modellen. Tester på vårt utvalg indikerte at kjønnsvariablen påvirker valget om å eie bil, men har en mer usikker effekt på antall kjørte kilometer for de som faktisk eier bil. Vi valgte derfor å benytte kjønn som eksklusjonskriterie i våre to seleksjonsmodeller.

Gitt de strenge krav som stilles til fordeling av utvalget og egenskapene til eksklusjonskriteriene er Heckmans seleksjonsmodeller i denne oppgaven hovedsakelig ment som et supplement til OLS-regresjonene, og som et verktøy til å undersøke om det foreligger alvorlige skjevheter i data som følge av selvseleksjon.

4.3 Ikke-parametrisk analyse

4.3.1 Wilcoxon matched-pairs signed-rank test

Wilcoxon matched-pairs signed-rank test er en ikke-parametrisk test som kan benyttes til å teste om det er forskjeller mellom parede observasjoner, for eksempel observasjoner på et individ før og etter en type behandling. Den krever ikke at observasjonene følger en normalfordeling, og er således et godt alternativ til t-test dersom det ikke er rimelig å anta at utvalget er normalfordelt.

Under nullhypotesen er medianforskjellen mellom observasjonene før og etter behandling lik null. Dersom behandlingen derimot har signifikant effekt vil en forkaste nullhypotesen. Etter Corder og Foreman (2014) kan vi gjennomføre testen som følger:

1. Finner differansen, D_i , mellom verdiene for før og etter behandling for hver observasjon.
2. Fortegnet på disse neglisjeres foreløpig, og en rangerer differansene etter absoluttverdier fra lavest til høyest, slik at laveste $|D_i|$ får rank 1 (R_1) osv.
3. Tilegner så hver rank fortegn i samsvar med respektive D_i , slik at rank 1 har samme fortegn som D_1 osv.
4. En summerer rangeringene med positivt og negativt fortegn hver for seg. Den minste av disse summene brukes som testobservator for mindre utvalg.
5. For større utvalg benyttes en Z-verdi som approksimasjon for fordelingen til W:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n + \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}, \quad n = \text{antall observasjoner} \quad (4.15)$$

Signifikant Z-verdi indikerer at vi forkaster hypotesen om ingen forskjell mellom gruppene.

I vår analyse benyttes Wilcoxon matched-pairs signed-rank test til å undersøke om det er forskjeller i atferden og transportvanene til elbileiere før og etter anskaffelsen av elbil.

4.3.2 Wilcoxon rank-sum test

I motsetning til signed-rank test som sammenligner to avhengige utvalg, benyttes rank-sum test til å undersøke om to uavhengige utvalg er fra en populasjon med samme fordeling. Rank-sum, eller Mann-Whitney U test, er også en ikke-parametrisk test, uten krav om normalfordelte utvalg. Testen er nær like effektiv som t-test ved normalfordeling, og inntil fire ganger bedre ved ikke-normale utvalg (Sawilowsky, 2005).

Etter Wild (1997) kan vi benytte følgende prosedyre:

Testen starter med å kombinere alle observasjoner fra de to utvalgene, og rangere disse fra lavest til høyest, slik at observasjonen med laveste verdi får rangering 1 (R_1). Observasjonen med høyest verdi har da rangering N (R_N), der N er størrelsen på utvalget, og $N = n_1 + n_2$. Deretter summeres rangeringene for de to utvalgene hver for seg, slik at en får to «rank-summer», W_1 og W_2 . Vi har altså:

$$W_i = n_1 n_2 + \frac{(n_i + 1)}{2} - \sum R_i \quad , \quad i = 1, 2 \quad (4.16)$$

For mindre utvalg benyttes $W = \min(W_1, W_2)$ som testobservator. For større utvalg, slik som i vårt tilfelle, benyttes igjen en Z-verdi konstruert ved normalapprosimasjon:

Vi antar her $W \sim N(\mu, \sigma)$, hvor:

$$\mu = \frac{n_1(n_1 + n_2 + 1)}{2} \quad (4.17)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}} \quad (4.18)$$

Z-verdien finner vi da som:

$$Z = \frac{W - \mu}{\sigma} \quad (4.19)$$

Signifikant Z-verdi innebærer at vi forkaster nullhypotesen om at de utvalgene kommer fra populasjon med lik fordeling. I vår analyse benyttes Wilcoxon Rank-Sum Test til å undersøke om det er forskjeller i atferd og transportvaner mellom elbileiere og andre.

4.4 Modeller

Videre følger en oversikt over de faktiske modeller som estimeres i regresjonsanalysene.

På data fra spørreundersøkelsen benyttes OLS på to modeller:

$$cartotal = \beta_0 + \beta_1 evnum + \beta_2 cvnum + \beta_3 distwork + \beta_4 commutediff + \beta_5 licence + \beta_6 age + \beta_7 income + u \quad (4.20)$$

$$cvtotal = \beta_0 + \beta_1 evnum + \beta_2 cvnum + \beta_3 distwork + \beta_4 commutediff + \beta_5 licence + \beta_6 age + \beta_7 income + u \quad (4.21)$$

På samme datasett estimeres også to Heckman seleksjonsmodeller. Begge har samme ligning i steg 1, da denne beregner sannsynligheten for å ha bil.

$$P(owncar = 1) = \Phi(\beta_0 + \beta_1 distwork + \beta_1 commutediff + \beta_2 licence + \beta_3 age + \beta_4 income + \beta_5 female) \quad (4.22)$$

Andre stegsligningene estimeres som:

$$cartotal = \beta_0 + \beta_1 evnum + \beta_2 cvnum + \beta_3 distwork + \beta_4 commutediff + \beta_5 licence + u \quad (4.23)$$

$$cvtotal = \beta_0 + \beta_1 evnum + \beta_2 cvnum + \beta_3 distwork + \beta_4 commutediff + \beta_5 licence + u \quad (4.24)$$

Tabell 4.1: Forklaring av variable

Variabel	Forklaring
cartotal	Total årlig kjøring (el+konvensjonell), km
cvtotal	Årlig kjøring med konvensjonell bil, km
evnum	Antall elbiler i husholdningen
cvnum	Antall konvensjonelle biler i husholdningen
distwork	Avstand mellom bosted og arbeidsplass, km
commutediff	Forskjell i reisetid til jobb (kollektiv-bil), min
licence	Antall førerkort i husholdningen
age	Alder
income	Inntekt, rangert fra 1 (min) til 8 (max)
female	Tar verdien 1 dersom individet er kvinne
owncar	Tar verdien 1 dersom individet eier bil

Kapittel 5

Resultater

Dette kapitlet presenterer resultatene fra de statistiske metodene beskrevet i kapittel 4. Underkapittel 5.1 består av regresjonsanalysen, 5.2 og 5.3 tar for seg resultater fra de ikke-parametriske testene. 5.4 viser resultater angående faktorer som påvirker kjøp av elbil. Det vil her gis en kortfattet og overflatisk oppsummering av resultatene. For en grundigere gjennomgang og diskusjon, henvises til kapittel 7.

5.1 Modeller for årlige kjørelengder

For å undersøke effekten av elbiler på total bilkjøring og på kjøring med konvensjonelle biler, estimeres fire regresjonsmodeller. Modellene tar utgangspunkt i årlige kjørelengder, som rapportert fra deltagerne i undersøkelsen om transportvaner. Modellene estimeres hovedsakelig for å undersøke to hypoteser:

1. Elbiler øker total bilkjøring
2. Elbiler reduserer kjøring med konvensjonelle biler

Begge hypotesene testes ved ordinær minste kvadraters metode (OLS). I tillegg estimeres Heckmans seleksjonsmodeller for å korrigere for potensiell skjevhet i estimatorene som følge av selvseleksjon i datamateriale. Som avhengig variabel benyttes henholdsvis antall årlige kilometer med alle biler og antall kilometer med kun konvensjonell bil i de ulike modellene. De estimerte modellene presenteres i tabell 5.1.

Tabell 5.1: Modeller for årlige kjørelengder

	OLS - total	Heckman - total	OLS - konvensjonell	Heckman - konvensjonell
<i>Avhengig variabel</i>	<i>Totalt, km årlig</i>	<i>Totalt, km årlig</i>	<i>Konv. bil, km årlig</i>	<i>Konv. bil, km årlig</i>
Antall elbiler	14798.8*** (3900.8)	14693.4*** (1866.6)	3806.8 (3486.7)	3746.5* (1770.0)
Antall konvensjonelle biler	7238.8*** (785)	6745.9*** (818.6)	7241.1*** (772.9)	6805.6*** (778.9)
Avstand til jobb	251.4*** (64.8)	249.2*** (43.04)	231.2*** (62.6)	225.3*** (41.4)
Diff. reisetid	105.6* (45.8)	118.3*** (37.24)	102.3* (44.2)	118.8*** (35.72)
Antall førerkort	2144.9** (685.6)	2332.2** (875.8)	2095.0** (679.3)	2334.5** (840.1)
Alder	-65.16 (52.1)		-54.15 (51.4)	
Inntekt	-217.3 (543.7)		-237.9 (529.7)	
Konstantledd	640.1 (3025.6)	-2804.9 (1636.0)	603.1 (2943.1)	-2438.5 (1571.8)
<i>Steg 1</i>				
Avstand til jobb		0.0111 (0.0072)		0.0111 (0.0072)
Diff. reisetid		-0.00888* (0.0039)		-0.00888* (0.0039)
Antall førerkort		-0.169 (0.0959)		-0.169 (0.0959)
Alder		0.00011 (0.00607)		0.00011 (0.00607)
Inntekt		0.0703 (0.064)		0.0703 (0.064)
Kvinne		-0.777*** (0.177)		-0.777*** (0.177)
Konstantledd		2.198*** (0.436)		2.198*** (0.436)
Heckmans lambda		-7388.5 (8326.3)		-9553.6 (7993.7)
Observasjoner	1112	1170	1112	1170
R ²	0.233		0.200	

Standardavvik i parenteser

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

5.1.1 Total bilkjøring

Begge modellene estimeres med totalt årlige kjørte kilometer med bil som avhengig variabel. Koeffisientene tolkes som effekten de ulike forklaringsvariablene har på den totale bilkjøringen. Viktigst i denne analysen er koeffisienten til antall elbiler, altså i hvilken grad elbiler estimeres til å påvirke den totale biltrafikken.

OLS

Lengst til venstre i tabell 5.1 finner vi effekten på total bilkjøring estimert med minste kvadraters metode (Modell "OLS - total").

Hovedfunnet i modellen er som nevnt effekten av elbiler på total bilkjøring, sammenlignet med effekten av konvensjonelle biler. Å eie en ekstra elbil estimeres til å øke total bilkjøring for husholdningen med omtrent 14 800 kilometer årlig, alt annet likt. Nullhypotese om at en ekstra elbil ikke påvirker total kjøring forkastes ved signifikansnivå på 0.001.

Effekten av å eie en ekstra konvensjonell bil estimeres til å øke total bilkjøring med omlag 7200 kilometer årlig, alt annet likt. Også denne effekten er signifikant ved signifikansnivå 0.001.

Videre ser vi at avstand mellom bosted og arbeidsplass, antall førerkort i husholdningen og differanse i reisetid til jobb mellom bil og kollektivtransport alle har signifikant effekt på total bilkjøring, til minimum signifikansnivå 0.05.

Dersom avstanden mellom bosted og jobb øker med 1 mil, antas total bilkjøring å øke med omtrent 2500 km årlig, alt annet likt.

For hvert minutt kollektivtransport taper til bil i pendlertid, antas total bilkjøring å øke med 105 kilometer. Det vil si at dersom differansen i reisetid øker med 10 minutter, antas årlig bilkjøring å øke med omtrent 1050 kilometer.

Et ekstra førerkort i en husholdning antas å øke årlig kjørelengde med omlag 2100 kilometer, alt annet likt.

I modellen estimeres alder og inntekt til å ikke ha signifikant effekt på total bilkjøring.

Heckmans seleksjonsmodell

Som nevnt i forrige kapittel observerer vi kjørelengder større enn null kun for de individer som eier bil. Dersom de samme variable som påvirker valget om å eie bil, påvirker størrelsen på kilometerstanden, kan dette gi opphav til skjeve estimatorer under minste kvadraters metode. Jfr. Strøm (2006) estimeres derfor en Heckmans seleksjonsmodell som et supplement til analysen i form av en robusthetssjekk. Resultatene leses av i modell 2 fra venstre i tabell 5.1, "Heckman - total".

Det første som er verdt å merke seg er koeffisienten til den såkalte Heckmans lambda (den inverse Millsraten). Denne er ikke signifikant, noe som peker i retning av at seleksjonsproblemer er av liten betydning i modellen. Dette gjenspeiles i koeffisientene til forklaringsvariablene i annenstegsligningen, som er svært like de vi fant i modell 1. Alle de samme variablene har signifikant effekt på total bilkjøring, og resultatene er såpass like at det ikke skulle være behov for noen nærmere utgreiing av disse her.

5.1.2 Kjøring med konvensjonell bil

De to siste modellene estimerer effekten ulike variable har på kjøring med konvensjonell bil. Igjen benyttes minste kvadraters metode, i tillegg til Heckmans seleksjonsmodell. Som i modell 1 og 2 er effekten av antall elbiler av hovedinteresse, da denne sier noe om erstatningsgraden mellom elbiler og konvensjonelle biler. Jo høyere grad av substitusjon mellom disse, jo sterkere må en forvente at den estimerte effekten er, da med negativt fortegn.

OLS

Kjøring med konvensjonell bil estimert med minste kvadraters metode finnes i kolonne 3 i tabell 5.1, som modell "OLS - konvensjonell". Avhengig variabel er årlig kjørte kilometer med konvensjonell bil.

Effekten av hovedinteresse er som nevnt antall elbiler, som forventes negativ dersom elbiler erstatter de konvensjonelle bilene i bruk. Som tabellen viser er dette ikke tilfelle i vår modell, som ikke finner en signifikant effekt av antall elbiler på kjøring med konvensjonell bil ved 5% signifikansnivå. Alt annet likt predikerer modellen faktisk en økning på omlag 3800 kilometer kjørt med konvensjonell bil, som følge av å eie en ekstra elbil.

Effekten av en ekstra konvensjonell bil estimeres, ikke overraskende, til å øke antall kilometer kjørt med konvensjonell bil. I modellen estimeres effekten til en økning på omlag 7200 kilometer, altså nær det dobbelte av effekten av elbiler. Koeffisienten er signifikant ved signifikansnivå på 0.001.

Videre finner vi de samme variablene som påvirket total bilkjøring, til også å ha signifikant effekt på kjøring med konvensjonell bil. Disse tre effektene er signifikante ved henholdsvis 0.1%, 1% og 1% signifikansnivå.

En økning i avstand mellom bosted og arbeidsplass på 10 kilometer, gir i modellen en økning på omlag 2300 kilometer kjørt med konvensjonell bil.

En økning i forskjellen mellom pendlertid med bil og kollektivtransport på 10 minutter antas her å øke årlige kilometer kjørt med konvensjonell bil med omtrent 1020 kilometer.

Et ekstra førerkort i husholdningen estimeres å øke kjøring med konvensjonell bil med omlag 2100 kilometer årlig.

I modellen har ikke alder og inntekt signifikant effekt på kjøring med konvensjonell bil.

Heckmans seleksjonsmodell

I likhet med seleksjonsmodellen for totalbilkjøring, finner vi også her en ikke-signifikant Heckmans lambda. Dette tyder på at OLS-resultatene ikke er forbundet med skjevhet av nevneverdig betydning, og således finner vi resultater i Heckmanmodellen som samsvarer med OLS-modellen i svært stor grad. De samme effektene er signifikante, og forskjellene i koeffisientene er neglisjerbare.

5.2 Atferdsforskjeller mellom grupper

Som et supplement til regresjonsanalysen ble fire tester gjennomført for å studere eventuelle forskjeller i kjøreatferd mellom elbileiere og andre. Disse var ment å videre undersøke effekten av elbil på total trafikk og kjøring med konvensjonell bil. Resultatene leses av i tabell 5.2.

Tabell 5.2: Wilcoxon rank-sum - tester for forskjeller i kjøreatferd mellom elbileiere og andre.

Total bilkjøring (alle husholdninger)				Bomringpasseringer (frekvens)			
Gruppe	Obs.	Rank sum	Forventet	Gruppe	Obs.	Rank sum	Forventet
Ikke elbileiere	1058	587880.5	611524	Ikke elbileiere	1118	655384	683098
Elbileiere	97	79709.5	56066	Elbileiere	103	90647	62933
Totalt	1155	667590	667590	Totalt	1221	746031	746031
Z-verdi	-7.532	P-verdi	0.000***	Z-verdi	-8.421	P-verdi	0.000***

Kjøring med konv. bil (alle husholdninger)				Total bilkjøring (husholdninger med minst to biler)			
Gruppe	Obs.	Rank sum	Forventet	Gruppe	Obs.	Rank sum	Forventet
Ikke elbileiere	1058	606984	611524	Ikke elbileiere	272	45237	47600
Elbileiere	97	60606	56066	Elbileiere	77	15838	13475
Totalt	1155	667590	667590	Totalt	349	61075	61075
Z-verdi	-1.447	P-verdi	0.148	Z-verdi	-3.029	P-verdi	0.0025**

P-verdier merket med ** og *** indikerer signifikante forskjell mellom de to gruppene til signifikansnivå på henholdsvis 0.01 og 0.001.

Øverst til venstre i tabellen testes total bilkjøring. Her finner vi at elbileiere kjører signifikant flere antall kilometer med bil enn gruppen som ikke eier elbil. Medianverdiene for elbileiere og andre er henholdsvis 10 000 og 20 000 kilometer årlig. Dette samsvarer med OLS-modellen for total kjøring, som fant at en elbil bidrar til større økning i totaltrafikk enn det en konvensjonell bil gjør.

Nederst til venstre i tabellen testes kjøring med konvensjonell bil. Nullhypotesen om ingen forskjell mellom de to gruppene kan ikke forkastes til signifikansnivå på 0.1. Vi kan altså ikke si at det er en forskjell mellom de to gruppene. Medianene er heller ikke særlig forskjellig, med henholdsvis 12 000 og 10 000 km årlig for elbileiere og andre. Dette er i samsvar med regresjonsmodellene for konvensjonell kjøring, som ikke fant noen signifikant reduksjon i kjøring med konvensjonell bil for elbileiere.

Nederst til høyre testes total bilkjøring blant husholdninger med minst to biler. I og med at elbileierne i gjennomsnitt har flere biler enn andre, må en anta at disse også kjører flere kilometer i året. For å korrigere for dette ble en test gjennomført på et utvalg kun bestående av husholdninger med flere biler. Vi ser at elbileierne fortsatt kjører signifikant flere kilometer i året enn den andre gruppen. Medianen for elbileiere med minst 2 biler er 22 000 kilometer årlig. For ikke-elbileiere med minst 2 biler er medianverdien 16 000 kilometer årlig. Resultatet støtter opp under den første testen beskrevet, samt regresjonsanalysen for total bilkjøring.

Øverst til høyre testes frekvens på bomringpasseringer blant bileiere. Ettersom elbiler passerer bomringer gratis gir dette et økonomisk incentiv til økt kjøring. Testen viser at elbileiere passerer bomstasjoner signifikant oftere enn den andre gruppen. Frekvensen ble målt på en skala fra 1-5. Medianen for elbileiere var 5, som tilsvarer "Flere ganger daglig". For den andre gruppen var medianen 3, som tilsvarer "2-3 ganger i uken". Resultatet støtter opp under hypotesen om at elbileiere kjører signifikant mer enn den andre gruppen grunnet de økonomiske incentivene.

5.3 Atferd før/etter kjøp av elbil

I siste del av den statistiske analysen testes eventuelle endringer i kjøreatferd hos elbileiere. Wilcoxon signed-rank test tar utgangspunkt i nullhypotesen om ingen forskjell i observasjoner målt før og etter "behandling". Denne behandlingen tolkes her som det å skaffe seg elbil, og testene undersøker således om kjøp av elbil gir seg utslag i kjøreatferd. Bakgrunn for hypotesene er de gjeldende økonomiske incentivene til økt kjøring med elbil.

Totalt åtte tester ble gjennomført for å supplere regresjonsanalysene. Noen av testene studerer effekt på total kjøring, mens andre tar sikte på å forklare erstatningsgrad mellom elbiler og konvensjonelle biler, kollektiv- og manuell transport.

Nullhypotesene er at dagens atferd ikke er signifikant forskjellig fra atferden *før* husholdningen gikk til anskaffelse av elbil. Der dagens atferd er basert på kjøring med elbil, sammenlignes den med tilsvarende atferd med konvensjonell bil tidligere. Dette kommer også frem av tabellen (5.3).

Det forventes at resultatene for total kjøring er i samsvar med de tidligere resultatene, altså at total kjøring øker etter kjøp av elbil.

Det forventes at kjøring med konvensjonell bil reduseres, som følge av at elbilen bør erstatte bruken av konvensjonell bil. Samtidig forventes det at bruken av kollektivtransport, sykkel og gange reduseres, som følge av de økonomiske incentivene til å kjøre mer med elbil enn med konvensjonell bil.

P-verdier merket med *, ** og ***, indikerer signifikante forskjeller i atferd før- og etter kjøp av elbil. Disse korresponderer med henholdsvis 0.05, 0.01 og 0.001 som signifikansnivå.

Resultater fra testene leses av i tabell 5.3.

Tabell 5.3: Wilcoxon matched-pairs signed-rank tester - atferd før/etter kjøp av elbil

Total kjøring konvensjonell bil				Andel korte turer med bil			
Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet	Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet
Positiv	17	892.5	1864.5	Positiv	20	1008	555.5
Negativ	49	2836.5	1864.5	Negativ	2	103	555.5
Null	23	276	276	Null	39	780	780
Totalt	89	4005	4005	Totalt	61	1891	1891
Z-verdi	-4.015	P-verdi	0.0001***	Z-verdi	3.791	P-verdi	0.0001***
Total kjøring med bil (vs. konv. bil tidligere)				Andel korte turer uten bil			
Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet	Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet
Positiv	62	3300.5	1957	Positiv	4	220	450.5
Negativ	14	613.5	1957	Negativ	13	681	450.5
Null	13	91	91	Null	44	990	990
Totalt	89	4005	4005	Totalt	61	1891	1891
Z-verdi	5.508	P-verdi	0.000***	Z-verdi	-2.101	P-verdi	0.0357*
Andel korte turer med kollektivtransport				Andel lange turer med elbil (vs. konv. bil tidligere)			
Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet	Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet
Positiv	3	172	308	Positiv	1	7	708
Negativ	8	444	308	Negativ	47	1409	708
Null	50	1275	1275	Null	5	15	15
Totalt	61	1891	1891	Totalt	53	1431	1431
Z-verdi	-1.462	P-verdi	0.1437	Z-verdi	-6.245	P-verdi	0.000***
Andel korte turer med manuell transport				Total kjøring elbil (vs. total kjøring tidligere)			
Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet	Fortegn	Obs.	Rank sum	Forventet
Positiv	3	168.5	357.5	Positiv	10	460	1975
Negativ	10	546.5	357.5	Negativ	69	3490	1975
Null	48	1176	1176	Null	10	55	55
Totalt	61	1891	1891	Totalt	89	4005	4005
Z-verdi	-1.902	P-verdi	0.0572	Z-verdi	-6.205	P-verdi	0.000***

Hypotesen om at kjøring med konvensjonell bil er uendret etter kjøp av elbil forkastes, og det fremgår av testen at elbileiere kjører signifikant færre kilometer årlig med konvensjonell bil nå enn siste året før de hadde elbil. For å si noe om erstatningsgraden kan vi se på medianverdiene for kjøring med konvensjonell bil før og etter kjøp av elbil. Disse er på henholdsvis 16 000 og 12 000 kilometer. Dette indikerer en erstatningsgrad på 25%.

Også hypotesen om at total bilkjøring er uendret etter kjøp av elbil forkastes. Igjen ser vi at elbilen øker totaltrafikk, ved at elbileiere kjører signifikant flere kilometer med bil nå enn de gjorde siste året før de fikk tilgang på elbil. Det skal i denne sammenheng nevnes at dersom en husholdning går fra å ha én bil (konvensjonell), til å ha to (der én er elbil), vil dette naturligvis øke trafikken. All økningen i total kjøring kan derfor ikke forklares med *type* bil, men også *antall* biler. Medianverdier på totalkjøring før- og etter kjøp av elbil er på henholdsvis 16 000 og 20 000 kilometer, og tilsvarer en økning i bilkjøring på 20%.

I undersøkelsen ble respondentene spurt om sine transportvaner i forbindelse med korte fritidsturer, som reise til trening, butikken og andre ærend. Testene her viser at andelen korte turer gjennomført med bil har økt signifikant etter at respondentene anskaffet elbil. Dette indikerer en vridning i atferd *bort* fra kollektivtransport, sykkel og gange, til fordel for den økonomisk gunstige elbilen. Resultatet samsvarer med tidligere resultater som predikerer økning i total bilkjøring som følge av flere elbiler.

Respondentene ble også spurt om transportvaner i forbindelse med lengre fritidsreiser. Her viser testen at elbilen benyttes til lengre fritidsreiser i signifikant mindre grad enn det den konvensjonelle bilen gjorde siste året *før* kjøp av elbil. Det er rimelig å anta at dette står i sterk sammenheng med utilstrekkelig batterikapasitet/rekkevidde på mange av dagens elbilmodeller. Her er det verdt å nevne at medianverdiene for andelen av lengre turer gjennomført med elbil og konvensjonell bil er henholdsvis 0% og 100%. Resultatet indikerer med andre ord en svært lav erstatningsgrad mellom elbil og konvensjonell bil på lengre fritidsreiser (her definert som 80 kilometer eller lengre).

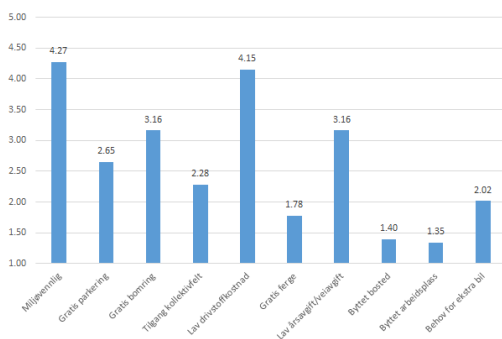
Den siste testen viser at elbilistene kjører signifikant færre kilometer med elbil i dag enn de gjorde med konvensjonell bil siste året før de anskaffet elbil. Medianverdiene for disse to er henholdsvis 8000 og 16 000 kilometer, og indikerer en erstatningsgrad på 50%.

Hypotesen om at andelen korte turer gjennomført med kollektivtransport og manuell transport er uendret før- og etter kjøp av elbil kan ikke forkastes hver for seg.

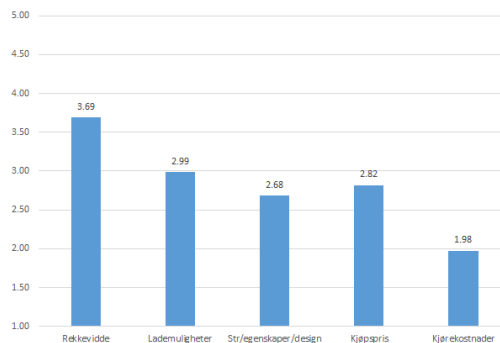
5.4 Viktigheten av ulike faktorer for kjøp av elbil

I spørreundersøkelsen ble respondentene spurt om å rangere viktigheten av ulike faktorer for hvorfor/hvorfor ikke de har kjøpt/planlegger å kjøpe elbil. Figur 5.1 og 5.2 viser gjennomsnittsverdier. Jo høyere verdi, jo viktigere er faktoren ansett å være for respondentene.

Figur 5.1: Hvor viktig var følgende faktorer for at du skaffet/planlegger å skaffe elbil?



Figur 5.2: Hvor viktig var følgende faktorer for at du ikke har/planlegger å skaffe elbil?



Fra figur 5.1 ser vi at respondentene i snitt anser miljøhensynet for å være den viktigste grunnen til å kjøpe elbil, tett fulgt av det å slippe utgifter til drivstoff. Generelt ser vi at de økonomiske incentivene fremstår som svært viktige. Det er også verdt å merke seg at behov for ekstra bil ikke rangeres som særlig viktig. Dette indikerer at de som eier elbil ikke nødvendigvis representerer en gruppe som i større grad enn andre har behov for flere biler. Dette støtter hypotesen om at elbilen i veldig mange tilfeller benyttes som supplement heller enn en erstatning for konvensjonell bil. Figur 5.2 viser, ikke overraskende, at utilstrekkelig rekkevidde skiller seg klart ut som den viktigste grunnen til å ikke kjøpe elbil.

Kapittel 6

Supplerende modell

6.1 Data og metode

Som et supplement til egen innsamlet data benyttes data fra de 21 bomstasjonene i prosjektet Miljøpakken i Trondheim. Denne består av tall på alle passeringer registrert månedsvis fra mars 2014 til og med februar 2017. Det skilles mellom passeringer mellom elbiler og konvensjonelle biler, samt personbiler og andre kjøretøy. Vi benytter dataen til å undersøke erstatningsgraden mellom elbiler og konvensjonelle biler i personbildegmentet. Denne dataen er inkludert for å bygge opp under resultatene i den større analysen basert på transportvaneundersøkelsen, og gir oss mulighet til å sammenligne egne funn med faktisk populasjonsdata. Dette vil være av interesse, da vi har et begrenset og homogent utvalg.

Svakheten ved dette datasettet er at antall observasjoner i tidsdimensjon ikke er veldig stort. For å gi et presist estimat på etterspørselen etter bilkjøring skulle en ideelt hatt data over en lengre tidsperiode. Det ville da vært naturlig å la inntekt og økonomisk aktivitet inngå i modellene. Gitt den korte tidsperioden vi har data for her er det for lite variasjon til at det er rimelig å anta at inntekt i særlig grad påvirker total bilkjøring.

Dersom ikke variablene i modellen er stasjonære, men følger en bestemt trend, vil vi dette kunne gi spuriøse effekter i en regresjonsmodell. Kjøring med elbil er en slik variabel, da kjøp og bruk av elbil er sterkt økende de siste årene. Sammenhengen mellom kjøring med elbil og konvensjo-

nell bil må derfor modelleres slik at vi tar hensyn til dette. Det inkluderes derfor et tidsledd for å korrigere for eventuell trend og spuriøse effekter i datasettet.

Det er også rimelig å anta at det er en viss treghet forbundet med tilpasningen av kjøreatferd. I tidsserie-analysen velger vi derfor å benytte en modell av typen "Autoregressive Distributed Lags", eller ADL. Metoden innebærer å "lagge" både avhengig og uavhengige variable en måned tilbake i regresjonen. Dette lar oss fange opp dynamikken i tilpasningen til kjøreatferden.

Som avhengig variabel benyttes antall passeringer med konvensjonell bil, da vi ønsker å se hvordan elbiler påvirker dette. Modellen formuleres som en etterspørselsfunksjon, der befolkningsvekst og endringer i drivstoffprisen antas å påvirke bilkjøring. Vi legger til grunn at elbilkjøring ikke bestemmes av de samme faktorene som konvensjonell bil, men i all hovedsak av de økonomiske incentiver som følge av elbilpolitikken. Antall passeringer med elbil er derfor eksogent gitt i modellen. Alle variable i modellen er på logaritmisk form, slik at koeffisientene tolkes som elastisitetene direkte.

På datasettet fra bomringen estimeres 4 forskjellige etterspørselsfunksjoner med minste kvadraters metode. Fotskrift $t - 1$ indikerer at variabelen er lagget en periode tilbake i tid.

$$lkonven_t = \begin{cases} \alpha + \beta lelbil_t + \gamma lbefolk_t + u_t \\ \alpha + \beta lelbil_t + \gamma lbefolk_t + \delta lpris_t + u_t \\ \alpha + \rho lkonven_{t-1} + \beta_0 lelbil_t + \beta_1 lelbil_{t-1} + \gamma_0 lbefolk_t + \gamma_1 lbefolk_{t-1} + u_t \\ \alpha + \rho lkonven_{t-1} + \beta_0 lelbil_t + \beta_1 lelbil_{t-1} + \gamma_0 lbefolk_t + \gamma_1 lbefolk_{t-1} + \delta_0 lpris_t + \delta_1 lpris_{t-1} + u_t \end{cases}$$

Tabell 6.1: Forklaring av variable

Variabel	Forklaring
lkonven	Logaritmen til antall passeringer med konvensjonell bil
lelbil	Logaritmen til antall passeringer med elbil
lbefolk	Logaritmen til befolkning i Trondheim
lpris	Logaritmen til et vektet snitt av bensin- og dieselpriis

6.2 Resultater

Resultatene for tilleggsmoellene leses av i tabell 6.2. Modell (1) og (2) er modeller uten lag. Vi ser fort at disse gir nokså lite intuitive resultater. Koeffisienten foran *Elbil* er signifikant positiv, og indikerer således ingen erstatningsgrad. Dette fremstår svært urealistisk.

For å se om sammenhengen mellom konvensjonelle biler og elbiler bedre kan forklares med en viss treghet i tilpasningen ble det også estimert to laggede modeller. Resultatene av disse ser vi i modell (3) og (4). Vi ser at koeffisienten foran $Elbil_{t-1}$ er signifikant til signifikansnivå 0.05 i begge modeller. Estimert effekt ligger i intervallet $[-0.28, -0.31]$. Ettersom alle verdier er på logaritmisk form, kan vi tolke elastisitetene direkte. Dette svarer til en predikert erstatningsgrad på 28-31%.

Den langsiktige erstatningsgraden finner vi ved å ta utgangspunkt i en situasjon uten sjokk, der alle variable er på sine gjennomsnittsverdier. Vi kan finne langsiktig elbilelastisitet i modell (3) og (4) som:

$$\frac{\partial l_{konven}}{\partial l_{elbil}} = \frac{\beta_0 + \beta_1}{1 - \rho} \quad (6.1)$$

Vi ser fort at denne blir positiv for både modell (3) og (4), som indikerer ingen langsiktig erstatningsgrad i våre modeller. Gitt svakhetene ved datasettet er det ikke så overraskende at modellene kommer noe til kort i å forklare erstatningsgrad. Vi finner likevel en signifikant elbilelastisitet på omtrent -0.3 for de laggede modellene. Dette stemmer overens med resultater fra hovedanalysen.

Til tross for at erstatningsgraden viser seg noe utfordrende å modellere, er det lite som tyder på at denne er noe høyere enn den tidligere analysen har vist. Høy erstatningsgrad innebærer at konvensjonelle passeringer reduseres i omtrent samme takt som elbilpasseringer øker. Som dataene viser er dette ikke tilfellet. 2016 viser en svak nedgang i konvensjonelle passeringer. Dette samsvarer med den øvrige analysen, ved at vi observerer en erstatningsgrad, men denne er langt lavere enn ønsket.

Tabell 6.2: Tilleggsmodeller for erstatningsgrad

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Konvensjonell	Konvensjonell	Konvensjonell	Konvensjonell
<i>Elbil</i>	0.402*** (7.55)	0.452*** (8.70)	0.396*** (6.14)	0.408*** (5.96)
<i>Befolkning</i>	2.415 (0.53)	2.422 (0.59)	4.134 (0.60)	1.573 (0.20)
<i>Tid</i>	-0.0180** (-3.25)	-0.0182** (-3.62)		
<i>Drivstoffpris</i>		0.584* (2.70)		-0.222 (-0.66)
<i>Konvensjonell_{t-1}</i>			0.477** (3.20)	0.522* (2.54)
<i>Elbil_{t-1}</i>			-0.280** (-3.38)	-0.311* (-2.66)
<i>Befolkning_{t-1}</i>			-7.836 (-1.11)	-4.353 (-0.51)
<i>Drivstoffpris_{t-1}</i>				0.255 (0.62)
<i>Konstantledd</i>	-18.07 (-0.33)	-20.30 (-0.41)	51.67 (1.85)	39.95 (1.11)
Observasjoner	35	35	34	34
R^2	0.673	0.737	0.662	0.669

t-verdier i parentes

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Kapittel 7

Diskusjon

Problemstillingen i denne oppgaven tar utgangspunkt i hvordan innføring av elbiler påvirker kjøreatferd og transportvaner. Dette må sees i sammenheng med den elbilpolitikken som føres av myndighetene. Dette kapittelet diskuterer resultatene fra kapittel 5 i lys av problemstillingen og eksisterende teori. Fokuset i analysen er på det vi i oppgaven omtaler som miljøeffekten av elbiler. Sentralt her er i hvilken grad elbiler gir seg utslag i den transportatferd som er ønskelig i et miljøperspektiv.

7.1 Total bilkjøring

For å se hvilken effekt innføring av elbiler har på den totale biltrafikken i Norge ble både regresjonsanalyse og ikke-parametriske tester benyttet. Resultatene her var svært entydige: Flere elbiler øker den totale bilkjøringen betraktelig. Regresjonsanalysen predikerer at en elbil bidrar til å øke den totale trafikken om lag dobbelt så mye som en konvensjonell. I vår modell er antall elbiler den klart viktigste determinanten for årlig kjørelengde med bil. En elbil i husholdningen bidrar like mye til antall kilometer kjørt som en økning på 60 kilometer i avstand mellom bosted og arbeidsplass. Som nevnt tidligere skal en her dog være svært varsom i tolkningen av de estimerte koeffisientene. Utvalget for elbiler er ikke veldig stort, og standardavvikene er nokså høye. Fortegnet på effektene er like fullt interessante, og vi ser tydelige og signifikante effekter.

De ikke-parametriske testene støtter tydelig opp under funnene fra regresjonsanalysen. I sammenligningen mellom elbileiere og de som ikke eier elbil, ser vi signifikante forskjeller når det kommer til total bilkjøring. Gruppen som eier elbil kjører betydelig mer bil enn den andre gruppen. Dette er ikke overraskende, når man tar i betraktning at denne gruppen i snitt eier nesten 2 biler per husholdning, kontra drøyt én bil i snitt hos den andre gruppen. For å se på den isolerte effekten av elbil på total kjøring, versus konvensjonell, ble en test gjennomført på et redusert utvalg, kun bestående av flerbilhusholdninger. Denne viste at, selv korrigert for antall biler i husholdningen, kjørte elbileierne signifikant mer enn den andre gruppen. Det ble også testet om kjøreatferden til elbileierne hadde endret seg siden før de fikk elbil. I overensstemmelse med de andre resultatene viste også denne testen at total kjøring hadde økt. Medianforskjellen var på 20%. Disse resultatene har noen viktige implikasjoner:

- At husholdninger med elbil i mye større grad enn gjennomsnittet eier to biler. Dette støtter opp om teori som sier at elbilen i stor grad benyttes som supplement til en konvensjonell bil. Her må man selvsagt ta høyde for at husholdningene med elbil i større grad er de samme husholdningene med behov for flere biler. Resultatene i figur 5.2 indikerer imidlertid at dette ikke er tilfellet. Det er heller ingen i utvalget med flere biler, som kun eier elbil.
- Funnene gjenspeiler grunnleggende økonomisk teori: med avgiftsletter og strøm som drivstoff reduseres marginalkostnaden for bilkjøring betraktelig. En elbileier står hovedsakelig overfor en fast kostnad, kjøpet av bilen. Marginalkostnaden, altså prisen for å kjøre en ekstra kilometer, er dermed fallende i økt bruk av bilen. Økonomisk nytteteori sier da at bruken vil øke. Dette blir langt på vei bekreftet i vår analyse.

7.2 Substitusjonseffekt

I tillegg til effekt på total kjøring, hadde analysen til hensikt å studere i hvilken grad elbilen erstatter den konvensjonelle bilen i bruk. Dette er nært beslektet med den totale kjøringen: dersom denne øker som følge av elbil, indikerer det at substitusjonen mellom de to biltypene ikke er fullkommen. Dersom den økte kjøringen delvis forklares med reduserte marginalkostnader, er det rimelig å anta at bruk av elbil også har innvirkning på bruken av alternative transportmetoder. En del av den statistiske analysen bestod derfor av å undersøke erstatningsgraden mellom

elbiler og konvensjonelle biler, samt se om dette gikk på bekostning av kollektivtransport, sykkel og gange.

Også for å se effekten av elbil på kjøring med konvensjonell bil, ble både regresjonsanalyse og ikke-parametriske tester benyttet. Hypotesen om at elbilen ikke fullverdig erstatter den konvensjonelle ble klart bekreftet. I regresjonsmodellen ble det forventet en negativ effekt av elbiler på bruken av konvensjonell bil, da en viss grad av substitusjon mellom de to er rimelig å anta. Modellen vår estimerte imidlertid ingen signifikant effekt av flere elbiler på konvensjonell bilkjøring. Grunnen til dette er sammensatt, men en viktig faktor er at et stort flertall av elbileierne har konvensjonell bil i tillegg. Slik sett er funnet i tråd med forventningene, nettopp at elbilen i stor grad benyttes som et supplement til, heller enn en erstatning for, den konvensjonelle bilen.

En medvirkende årsak til ufullstendig erstatningsgrad er manglende kjørerekkevidde (batterikapasitet) på mange av dagens elbilmodeller. I spørreundersøkelsen vår ble de som ikke eier (eller planlegger å kjøpe) elbil bedt om å rangere hvor viktige ulike grunner til dette var. Utilstrekkelig rekkevidde ble her rangert som viktigste grunnen til å ikke velge elbil. Da rekkevidde først og fremst er et problem på lengre kjøreturer, er det grunn til å tro at erstatningsgraden varierer med typen bruk. Denne hypotesen ble også bekreftet av testene, som indikerte minimal substitusjon mellom elbil og konvensjonell bil i forbindelse med lengre turer.

Når det gjelder korte turer viser testene imidlertid en signifikant økning i bilbruk. Andelen av korte fritidsturer i det daglige som ble gjennomført med bil økte signifikant etter at respondentene gikk til innkjøp av elbil. Her ser vi altså at elbilen ikke bare erstatter den konvensjonelle, men også kollektivtransport, sykkel og gange i det daglige. Dette er ikke et overraskende resultat, da elbilen i praksis er gratis å bruke, samtidig som den er gitt kjørepraktiske fordeler som tilgang på kollektivfelt, avhengig av hvor i landet du befinner deg. Denne endringen i transportvaner er et viktig resultat av analysen, da den tydelig motvirker myndighetenes målsetninger om at kollektiv- og manuell transport skal absorbere all veksten i persontransport i og rundt storbyene, som hovedsakelig er der elbilene befinner seg.

Å tallfeste erstatningsgraden mellom elbil og konvensjonell bil er en vrien, om ikke umulig, oppgave. Det eneste som kan sies helt sikkert er at det i hvertfall til en viss grad er erstatning, og at denne ikke er fullkommen. Visse forsøk er imidlertid gjort, men grunnlaget er gjerne lite pålitelig. For eksempel operer Birkeli m.fl (2016) med en erstatningsgrad på hele 80% i sin tiltaks-kostnadsanalyse for innfasing av elbiler for Miljødirektoratet. Dette basert på resultater fra en spørreundersøkelse gjennomført av Elbilforeningen blant sine medlemmer, der respondentene ble bedt om å anslå i hvilken grad deres elbil erstattet den konvensjonelle. I den samme kostnadsanalysen legges det til grunn at erstatningsgraden stiger til 100% innen 2022. Disse tallene fremstår svært høye sammenlignet med resultater fra vår statistiske analyse av datamaterialet for kjøreatferd.

I testen fra tabell 5.3 finner vi at elbileiere har redusert sin kjøring med konvensjonell bil med 25% etter overgang fra konvensjonell bil til elbil. Ser man på regresjonsanalysen for kjøring med konvensjonell bil, ser vi at en ekstra elbil i snitt øker konvensjonell kjøring med omlag halvparten av hva en konvensjonell bil gjør, en erstatningsgrad på 50%. Vi kan også sammenligne en husholdning med én konvensjonell bil og én elbil, med en husholdning med to konvensjonelle biler. Modellen predikerer henholdsvis 11 000 og 14 400 kilometer kjørt med konvensjonell bil for de to husholdningene, gitt at de andre variablene settes til null. Disse tallene indikerer en reduksjon i konvensjonell kjøring på om lag 25% for elbileierne. Ved å benytte standardavvikene fra regresjonsanalysen som feilmarginer, kan vi kalkulere et intervall for erstatningsgraden. I eksempelet med de to husholdningene vil elbileierne da høyst ha en reduksjon i konvensjonell kjøring på 38% i forhold til husholdningen med to konvensjonelle biler.

Våre estimater ser ut til å stemme godt overens med Nygaard (2015), som finner en erstatningsgrad på omlag 40% i sin analyse. Igjen er det viktig å understreke at en skal være forsiktig med å overtolke disse estimatene, da de er forbundet med en betydelig feilmargin. Vi mener likevel at det er grunn til å tro at erstatningsgraden per i dag er langt lavere enn nevnte 80%, og at en bør moderere slike anslag betydelig i fremtidige arbeider. Basert på statistisk analyse finner vi det mer nærliggende å anta at omlag 30-50% av kjøring med elbil erstatter kjøring med konvensjonell bil.

7.3 Politikk og økonomiske effekter

Det er helt klart at de sterke incentivene for å gå til anskaffelse av elbil har ført til en markant økning i antallet elbiler og sikret elbilen en betydelig andel av det norske bilmarkedet. Vi observerer imidlertid en økning i bilbruk og kjørte kilometer og begrenset grad av substitusjon bort fra konvensjonelle biler. Dette viser tydelig at det må tas en nøyere vurdering av den norske elbilpolitikken og subsidieordningene.

I datautvalget er både elbileiere og øvrige respondenter i stor grad enige om at de økonomiske fordelene er det som gjør elbilen attraktiv. Dette stemmer bra med teorien, og tydeliggjøres især ved at elbileiere passerer bomringer signifikant oftere enn førere av konvensjonelle biler. Samtidig settes miljøhensynet høyt når det skal vurderes fordelene med elbil. Dette kontrasteres noe av elbileiernes atferd; elbileiere kjører signifikant mer bil, samtidig som erstatningsgraden mellom konvensjonell bil og elbil er relativt lav. Selv om miljøhensynet er viktig i teorien, viser resultatene at de økonomiske fordelene trumfer miljøhensynet i praksis. Elbileiere ser ut til å rettferdiggjøre økt kjøring med elbilens antatte miljøgevinster. Elbileiere vil i mange tilfeller føle at de har "gjort sin del" ved å gå til anskaffelse av et mer miljøvennlig kjøretøy, og derfor føle et mindre ansvar for å redusere sin bilbruk (Klößner m.fl, 2013).

Anta at vi kjører en Nissan Leaf, som kjører om lag 16.000 km årlig. Vi antar videre at 40% av elbilkjøringen, 6400 kilometer årlig, erstatter kjøring med konvensjonell bil. Denne har et reelt utslipp på 170 g CO_2 /km, som gjør at elbilen gir en årlig besparelse av utslipp fra fossilt drivstoff på ca 1 tonn CO_2 , ved at den konvensjonelle bilen står i ro.

Vi antar videre at bilen har et offisielt utslipp på 120 g CO_2 /km, egenvekt på 1300 kg og kjøpspris på 200.000 kr. Dette gir en engangsavgift ved kjøp på ca 109.000, omgjort til en annuitet på 12500 kr, over en fem års eierskapsperiode (Skattetaten, 2017).

I Trondheim er bomringavgiften på 11 kr, med en dobling av prisen i rushtiden (07.00-09.00 og 15.00-17.00). Vi antar at bomringen passerer til og fra arbeid, 225 dager i året. Dersom samtlige

bomringpasseringer nå foretas med elbil, gir det et årlig tap på ca 7500 kr. Ingen veibruksavgift (drivstoffavgift eller merverdiavgift på drivstoff) gir staten et årlig inntektstap på 4500 kr per år.

Dette resulterer i et provenyrtap på 24.500 kr årlig. Med en utslippsbesparelse på ca 1 tonn CO_2 , gir det en pris på utslippsbesparelsen på omtrent 24.500 kr per tonn CO_2 . Til sammenligning er CO_2 -prisen i kvotemarkedet på 70 kr/tonn (Miljødirektoratet, 2017b).

At elbilen i mindre grad erstatter konvensjonelle biler, er ikke et overraskende resultat, gitt at majoriteten av elbileierne eier en eller flere konvensjonelle biler i tillegg. Dersom en eier begge typer biler, vil det være irrasjonelt kun å bruke én, da man ville ha kommet bedre ut ved å selge den bilen som ikke brukes. Selv om resultatet ikke er overraskende, er implikasjonene av lav substisjonsgrad viktig, da miljøgevinsten per subsidiekroner vil være liten. Økt biltransport og ufullstendig substitusjonsgrad burde tvinge frem ny gjennomgang og revurdering av Norges elbilpolitikk og subsidieordninger. En mer effektiv ordning, som stimulerer til høyere erstatningsgrad, vil kunne gi både økonomiske og miljømessige gevinster. Resultatene fra analysene og gjennomgang av politikkmål og teorien på området tyder på at det eksisterer negative eksterneffekter i utformingen av den norske elbilpolitikken. Dette fører til at den samfunnsøkonomiske gevinsten av politikken og elbilen i Norge er langt mindre enn en i utgangspunktet vil anta.

7.3.1 Mulige politikkforbedringer og videre forskning

Analysene har vist at politikken utforming har enkelte svakheter og at miljøgevinsten kan bli større ved å se til andre metoder enn subsidiering av det mer klimavennlige alternative elbil. En rekke eksterneffekter forbundet med veitrafikken kan rettferdiggjøre skattelegging. Dette er blant annet forurensende utslipp (særlig forbrenning av fossilt drivstoff), dekk- og veislitasje, ulykker, kø og støy. Ofte vil det være vanskelig å tallfeste alle elementene i de eksterne kostnadene fra veitrafikken, da dette vil avhenge av og variere med biltype, geografisk plassering, veistandard og trafikkvolum.

Anskaffelse av bil og mengden bilbruk avhenger av en rekke personlige og sosioøkonomiske faktorer, som inntekt, priser, bosteds- og arbeidsplassbeliggenhet og tilgang på alternative trans-

portmetoder. En rekke nyere og eldre rapporter forsøker å estimere pris- og inntektsfølsomhet for drivstoff og andre utgifter på bilkjøring og bilkjøp.

Havranek m.fl (2012) gjennomførte en metaanalyse av bensinpriselasitet på etterspørsel etter drivstoff og bilkjøring. Ved mixed effects-estimering, og kontrollert for publiseringskjevhet (publication bias¹) fant de kortsiktig og langsiktige elastisiteter på henholdsvis -0,09 og -0,23. På kort sikt vil en bensinprisøkning ha lite innvirkning på drivstoffetterspørselen. På lang sikt vil derimot effekten være mye sterkere. Dette indikerer en tydelig tilpasningsendring på lang sikt, der aktørene går over til mer drivstoffgjerrige kjøretøy når prisen på bensin går opp. Etterspørselen etter drivstoff vil derfor gå mer ned på lang enn på kort sikt. Den sier imidlertid ingen ting om påvirkningen på den samlede kjørelengden.

Når det gjelder elastisiteten til antall bilturer med hensyn på tid, estimerte de Jong og Gunn (2001) en langsiktig elastisitet på -0,29, mens den på kort sikt ble estimert å være vesentlig høyere, på -0,6. En 1% økning i kjøretid vil redusere antallet bilturer vesentlig mer på kort enn på lengre sikt. Dette kan ha sammenheng med bosted, arbeidsplass eller tilgang på og kunnskap om alternative reisemetoder, ting det tar tid å endre på. Elastisiteten til bil-kilometer² med hensyn på tid ble estimert til -0,74 på lang sikt og med en elastisitet på -0,2 på kort sikt. Her er altså effekten sterkere på lang sikt. Dette tyder på noe treghet i tilpasning, for eksempel dersom man får lengre reisevei til arbeidet. Ved å sammenligne drivstoffpris- og biltidelastisitet viser resultatene til de Jong og Gunn (2001) at den langsiktige elastisiteten av bil-kilometer med hensyn på tid er høyere enn elastisiteten av bil-kilometer med hensyn på drivstoffpris.

Hanley m.fl (2002) estimerte inntektseffekter på bilkjøring. De fant en kortiktig gjennomsnittlig realinntektselastisitet for bilkjøring på 0,3, mens den på lang sikt ble estimert å være 0,73. Disse resultatene viser med tydelighet at materiell levestandard har sterk innvirkning på etterspørselen etter veitransport. Samtidig ser vi at det eksisterer noe treghet i aktørenes tilpasning.

¹ Skjevhet som kan oppstå i avgjørelsen om å publisere eller på annet vis distribuere forskningsresultater.

² Mål på trafikkstrøm, målt ved å multiplisere antall kjøretøy på en gitt strekning med deres gjennomsnittlige kjøreturlengde i kilometer.

Basert på TØIs bilgenerasjonsmodell (BIG) for kjøretøyparken³ beregner Fridstrøm (2016) etter-spørselastisiteten i nybilsalget med hensyn på drivstoffpris. Her tas endringen i drivstoffavgiften⁴ med i betraktningen. En økning på henholdsvis 15 og 35 øre i bensin- og dieselavgiften antas å lede til 0,42%, eller 0,38 g CO₂/km, reduksjon i typegodkjente utslipp. Med utgangspunkt i en drivstoffpris på 10 kr, eksklusiv moms, vil avgiftspåslaget resultere i en prisøkning på 2,5%. Følgelig beregner han en elastisitet i nye bilers CO₂-utslipp med hensyn på drivstoffkostnad på $\frac{-0,42}{2,5} = -0,17$. Tidligere beregninger (1996-2011) gjort med samme modell ga en elastisitet på -0,05. Drivstoffprisfølsomheten i bilsalget er altså mer enn tredoblet i 2016 sammenlignet med 2011. Dette kan antas å ha sammenheng med den økte tilgangen på lavutslippskjøretøy. Dette vil kunne ha en sterk substitusjonseffekt, ved at en større andel bilkjøpere vil få en vridning fra konvensjonelle bensin- og dieselbiler over til elbil eller andre mer drivstoffgjerrige kjøretøy.

Det beregnes både kortsiktige og langsiktige priselastisiteter. På kort sikt vil en økning i drivstoffprisen i alle tilfeller føre til reduksjon i bilkjøring. På lengre sikt ser man derimot en annen effekt. Aktørene gjør en tilpasning som fører til redusert bensinforbruk heller enn redusert bilbruk, hovedsaklig ved å gå over til mer drivstoffgjerrige kjøretøy. Effekten av drivstoffprisendringer på reiseomfanget er altså større på kort enn på lang sikt, mens drivstofforbruket per kilometer ser ut til å påvirkes mer på lengre sikt (Brons m.fl, 2008; Goodwin m.fl, 2004; Graham & Glaister, 2004). På lengre sikt vil derimot effekten på bensinforbruket være sterkest.

I lys av denne teorien kan det tyde på at høyere avgiftslegging, som økt beskatning på fossilt brennstoff og rushtidsavgifter i de større byene, vil ha større innvirkning på erstatningsgraden enn dagens elbilsubsidiering. Dette er idéer til ettertanke, og svært interessant for videre forskning.

³ se Ragnøy (1999) og Fridstrøm & Østli (2016)

⁴Vedtatt i budsjettavtalen 2017

7.4 Miljøeffekten

For å nå sitt fulle potensial må elbilen utgjøre en betydelig andel av den samlede bilparken. Samtidig kreves det at elbilen i så stor grad som mulig erstatter kjørte kilometer med konvensjonelle biler på norske veier. Tabell 7.1 viser miljøeffekten når kjørte kilometer med elbil i Norge erstatter en viss andel av årlig kjøring med konvensjonell bil. Tallene angir besparelsen dersom elbilen erstatter en gitt andel av kjørte kilometer med konvensjonell bensin- eller dieselbil. Da standardavvikene for årlig kjøring med elbil var svært høye i vår analyse, har vi lagt SSBs tall for årlig kjøring til grunn for kalkylen. En elbil kjører i gjennomsnitt 16840 km årlig (SSB, 2017f). Ved inngangen til 2016 var det drøyt 70.000 elbiler i Norge, mot 100.000 ved inngangen til 2017. Det ga en gjennomsnittlig elbilbestand på 85.000 biler i 2016, og en årlig kjørelengde på 1,43 milliarder elbilkilometer.

Som tabellen viser er den reelle besparelsen nokså moderat med den erstatningsgraden vi estimerer i denne oppgaven. Med reelle utslipp fra konvensjonelle biler på omtrent 170 g CO_2 /km, vil en erstatningsgrad på 40% gi en besparelse på 97.000 tonn årlig. Dette utgjør snaut 1% av dagens veitrafikkutslipp. Dersom man kun ser på personbiltransporten vil besparelsen være høyere, omtrent 2% (SSB, 2016d). Dersom den norske bilparken hadde kommet under EUs utslippsmål på 95 g CO_2 /km, ville besparelsen vært mindre. Besparelsen er helt klart høyest for eldre biler med langt høyere utslipp per kilometer (≥ 200).

Tabell 7.1: Miljøeffekt, årlig besparelse tonn CO_2 for utslipp på 90, 150 og 200 g CO_2 /km

Erstatning	90	150	200
100%	128.826	214.710	286.280
50%	64.413	107.355	143.140
40%	51.530	85.884	114.512
30%	38.647	64.413	85.884
0%	0	0	0

Det er rimelig å anta at årlige elbilkilometre vil fortsette å stige i takt med elbilandelen. Det er derimot vanskeligere å predikere noen fremtidig substitusjonsgrad, da kjøreatferden i all hovedsak bestemmes av gjeldende lovverk og politikk.

Selve produksjonen av elbilene gir høyere utslipp enn produksjonen av tilsvarende konvensjonelle biler. I produksjonen slipper elbilen i snitt ut 15% mer klimagasser enn en tilsvarende konvensjonell bil. Utslippsbesparelsene ved kjøring kan derimot være høye nok til klart å utjevne denne effekten. Gitt en "ren" energimiks vil elbilen kunne gi store besparelser per kilometer kjørt. Med et gjennomsnittlig utslipp på 170 g CO_2 /km mot elbilens 30 g CO_2 /km, vil en substitusjonsgrad på 40% kunne gi CO_2 -besparelser på over 30% per kilometer kjørt.

Tabell 7.2: Besparelse, g CO_2 /km

Erstatningsgrad	Bensin	Besparelse	Diesel	Besparelse
0%	165	0%	185	0%
30%	124.5	25%	138.5	25%
40%	111	33%	123	34%
50%	97.5	41%	107.5	42%
100%	30	82%	30	84%

Tabell 7.1 og 7.2 sier derimot ingenting om atferdsforskjellene mellom de ulike gruppene. Elbilene kjører betydelig mer bil enn andre grupper. De eier flere biler enn andre og kjører flere kilometer årlig. Flere elbiler øker den totale bilkjøringen betraktelig, og antas å øke den totale trafikken dobbelt så mye som en konvensjonell bil.

Kapittel 8

Konklusjon

For å vurdere miljøeffekten av den norske elbilpolitikken har vi undersøkt om elbilen erstatter konvensjonelle biler i bruk og om den øker total biltransport på bekostning av kollektiv- og manuell transport.

Egne data ble samlet inn gjennom en transportvaneundersøkelse blant ansatte ved NTNU. Analysen suppleres med månedsdata for bomringpasseringer i Trondheim. For å undersøke effektene ble det benyttet både regresjons- og ikke-parametrisk analyse.

Vi finner at de ekstra utslippene forbundet med produksjonen av elektriske biler, kan motvirkes av utslippsgevinsten forbundet med kjøring av bilene. Kjørt på norsk energimiks har elbilen klart lavere utslipp per kilometer kjørt enn konvensjonelle biler. Elbilpolitikken er i mindre grad egnet til å redusere veitrafikkvolumet og trafikktrengselen. Snarere argumenterer vi for at dagens ordning langt på vei motvirker dette. Elbilen erstatter delvis konvensjonell bil. Substitusjonsgraden anslås å ligge på omtrent 30-50%. Denne er ønskelig å få betraktelig høyere hvis elbilen skal spille en hovedrolle i klimagassreduksjonene. En annen effekt av dagens politikk er at elbilen benyttes på turer som ellers ville blitt gjennomført med kollektivtransport, sykkel og gange. En slik endring i transportvaner er med på å øke trafikkvolumet, og dermed kødannelse, støy og svevestøv.

Slik situasjonen er i dag er utslippsbesparelsene per elbilkilometer fortsatt små. Med kjørelengden for 2016 og reelle utslipp fra konvensjonelle biler på omtrent 170 g CO_2 /km lagt til grunn, vil en erstatningsgrad på 40% gi en besparelse på 97.000 tonn årlig. Dette utgjør snaut 1% av dagens veitrafikkutslipp, eller 2% av utslippene fra personbiltrafikken. Sammenlignet med kvoteprisen, er kostnadene ved utslippsbesparelsene enorme; hele 24.500 kr per tonn CO_2 .

De negative effektene av politikktutformingene bidrar til å øke veitrafikken og trengselen på veiene, og vil således også øke drivstofforbruket og CO_2 -utslippene. Økningen i bilkjøring og den begrensede substitusjonsgraden vi observerer i utvalget vårt, understreker viktigheten av å ta hensyn til eksternalitetene i politikktutformingene. På grunn av disse, vil det å øke elbilflåten være mindre miljøvennlig enn en intuitivt antar. Dette vil igjen gjøre subsidiepolitikken langt mindre effektiv og miljøgevinsten per subsidiekrone blir liten.

Referanser

- Aasness, M.A. & Odeck, J. (2015). The increase of electric vehicle usage in Norway — incentives and adverse effects. *European Transport Research Review*, 7: 1–8.
- Barth, M. & Boriboonsomsin, K. (2010). Traffic Congestion and Greenhouse Gases. *TR News, Transportation Research Board*.
- Bergmann, M., Kirchner, U., Vogt, R., & Benter, T. (2009). On-Road and Laboratory Investigation of Low-Level PM Emissions of a Modern Diesel Particulate Filter Equipped Diesel Passenger Car. *Atmospheric Environment*, 43: 1908–1916.
- Birkeli, K., Håmsø, B., Kalland, L., Lindegaard, A., & Molin, D. (2016). Tiltakskostnader for elbil. Samfunnsøkonomiske kostnader ved innføring av elbiler i personbilparken. *Miljødirektoratet Rapport M-620, 2016*.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E., & Rietveld, P. (2008). A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach. *Energy Economics*, 30: 2105–2122.
- Bruvoll, A. & Larsen, B. (2004). Greenhouse gas emissions in Norway: do carbon taxes work? *Energy Policy*, 32: 493–505.
- Corder, G. & Foreman, D. (2014). *Nonparametric Statistics for Non-Statisticians: A Step-by-Step Approach, Second Edition*. John Wiley & Sons.
- de Jong, G. & Gunn, H. (2001). Recent Evidence on Car Cost and Time Elasticities of Travel Demand in Europe. *Journal of Transport Economics and Policy*, 35: 137–160.
- Det Kongelige Finansdepartement (2016). For budsjettåret 2017, Statsbudsjettet. *Prop.1S (2016–2017) Gul bok*, s. 53–59.
- Det Kongelige Miljøverndepartement (2007). Norsk klimapolitikk. *St.meld. nr. 34 (2006-2007)*.

-
- Det Kongelige Samferdselsdepartement (2012) Norsk klimapolitikk.
St. meld. nr. 21 (2011-12).
- Det Kongelige Samferdselsdepartement (2017). Nasjonal transportplan 2018-29.
St. meld. nr. 33 (2016-17).
- Dunn, J., Gaines, L., Sullivan, J., & Wang, M. (2012). Impact of recycling on cradle-to-gate energy consumption and greenhouse gas emissions of automotive lithium-ion batteries.
Environmental Science and Technology, 46: 12704–12710.
- European Environment Agency (EEA) (2015). Airquality in Europe. Rapport5/15.
- Fearnley, N., Figenbaum, E., Pfaffenbichler, P., Hjorthol, R., Kolbenstvedt, M., Jellinek, R., Emmerling, B., Bonnema, G., Ramjerdi, F, Vågane, L., & Iversen, L. (2015). Increasing the competitiveness of e-vehicles in Europe. *European Transport Research Review, 28: 177–181.*
- Figenbaum, E. (2016). Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy.
Environmental Innovation and Societal Transitions.
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2013). Elektromobilitet i Norg – erfaringer og muligheter med elkjøretøy. *Transportøkonomisk Institutt (TØI) Rapport 1276/2013.*
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2016). Learning from Norwegian Battery Electric and Plugin Hybrid Vehicle Users – Results From a Survey of Vehicle Owners.
Transportøkonomisk Institutt (TØI) Rapport 1492/2016.
- Fridstrøm, L. (2016). Så store er utslippskuttene!
Transportøkonomisk Institutt (TØI), Samferdsel ISSN 2464-2398.
- Fridstrøm, L. & Østli, V. (2014). Ressursøkonomisk regnskap for elektrifisering av bilparken.
Transportøkonomisk Institutt (TØI) Rapport 1350/2014.
- Fridstrøm, L. & Østli, V. (2016). Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp. Framskrivinger med modellen BIG. *Transportøkonomisk Institutt (TØI) Rapport 1518/2016.*
- Goodwin, P., Dargay, J. & Hanley, M. (2004). Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption With Respect to Price and Income: A Review. *Transport Reviews, 24: 275–292.*
- Graham, D. & Glaister, S. (2004). Road Traffic Demand Elasticity Estimates: A Review.
Transport Reviews, 24: 261–274.

-
- Grote, M., Williams, I., Preston, J., & Kemp, S. (2016). Including congestion effects in urban road traffic CO₂ emissions modelling: Do local Government Authorities have the right options? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 43: 95–106.
- Halvorsen, B. (2009). Trafikk i kollektivfelt. Kapasitet og avvikling. Elbilens rolle. (Traffic in bus lanes. Capacity and management. The EV's role.). *Norwegian Public Roads Administration: PROSAM*.
- Hanley, M., Dargay, J., & Goodwin, P. (2002). Review of Income and Price Elasticities in the Demand for Road Traffic. *ESRC TSU publication 13/2002*.
- Havranek, T., Irsova, Z., & Janda, K. (2012). Demand for gasoline is more price-inelastic than commonly thought. *Energy Economics*, 34: 201–207.
- Hawkins, T., Gausen, O., & Strømman, A. (2012). Environmental impacts of hybrid and electric vehicles — a review. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17: 997–1014.
- Hjortol, R. (2013). Attitudes, ownership and use of Electric Vehicles – a review of literature. *Transportøkonomisk Institutt (TØI) Rapport 1261/2013*.
- Hjorthol, R., Engebretsen, O., & Uteng, T. (2014). Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14. *Transportøkonomisk Institutt (TØI) Rapport 1383/2014*.
- Holtmark, B. (2012). Elbilpolitikken – virker den etter hensikten? *Samfunnsøkonomen*, 126:4–11.
- Holtmark, B. & Skonhoft, A. (2016). The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries? *Environmental Science and Policy*, 42: 160–168.
- International Energy Agency (IEA) (2016). Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars. *OECD 2016*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. *Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. SRREN Full Report 2012*.
- Klößner, C. A., Nayum, A. & Mehmetoglu, M. (2013). Positive and negative spillover effects from electric car purchase to car use. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 21: 32–38.

-
- Miguel, A., Kirchstetter, T. & Harley, R. (1998). On-Road Emissions of Particulate Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Black Carbon from Gasoline and Diesel Vehicles. *Environmental Science and Technology*, 32: 450–455.
- Miljødirektoratet (2017a). Klimagassutslipp fra transport.
- Miljødirektoratet (2017b). Kvotepriis for beregning av årlig CO₂-kompensasjon.
- Mock, P., German, J., Bandivadekar, A., Riemersma, I., Ligterink, N., & Lambrecht, U. (2013). From Laboratory to Road – A Comparison of Official and Real-World Fuel Consumption and CO₂ Values for Cars in Europe and the United States. *Tech. rep., International Council on Clean Transportation. White Paper, May 2013.*
- Mock, P., Tietge, U., Zacharof, N., Franco, V., German, J., Bandivadekar, A., Ligterink, N. & Lambrecht, U. (2015). From Laboratory to Road, A 2015 Update of Official and Real-World Fuel Consumption and CO₂ Values for Passenger Cars in Europe. *Tech. rep., International Council on Clean Transportation. White Paper, September 2015.*
- Modahl, I. & Raadal, H. (2015). The inventory and life cycle data for Norwegian hydroelectricity. *Østfoldforskning, AR 02.15 Open memo.*
- Nealer, R. & Hendrickson, T. (2015). Review of Recent Lifecycle Assessments of Energy and Greenhouse Gas Emissions for Electric Vehicles. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 2: 66–73.
- Nealer, R., Reichmuth, D. & Anair, D. (2015). Cleaner Cars from Cradle to Grave - How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global Warming Emissions. *Union of Concerned Scientists.*
- Nordelöf, A., Messagie, M., Tillmann, A., Södermann, M., & van Mierlo, J. (2014). Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles — what can we learn from life cycle assessment? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19: 1866–1890.
- Norges Automobilforbund (NAF) (2016). Dette er fordelene du får når du kjører elbil.
- Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) (2015). Varedeklarasjon 2015.
- Nygaard, E. (2015). The substitution effects of electric vehicles in Norway: Are we subsidising traffic congestion? *NMBU, Masteroppgave.*
- Opplysningsrådet for Veitrafikken AS (OFVAS) (2017a). Kjøretøybestanden per 31.mars 2017.
- Opplysningsrådet for Veitrafikken AS (OFVAS) (2017b). Statistikker, bilsalget.

-
- Opplysningsrådet for Veitrafikken AS (OFVAS) (2017c). Statistikk, CO₂-utslippet.
- Peters, G. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2: 245–250.
- Ragnøy, A. (1999). BIG. Bilgenerasjonsmodell versjon 1. *Transportøkonomisk Institutt (TØI) Rapport 427/1999*.
- Rolim, C., Goncalves, G., Farias, T. & Rodrigues, O. (2012). Impacts of Electric Vehicle Adoption on Driver Behavior and Environmental Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54: 706–715.
- Sawilowsky, S. (2005). Misconceptions leading to choosing the t test over the Wilcoxon Mann Whitney test for shift in location parameter. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 4: 598-600.
- Skatteetaten (2017). Bilavgifter.
- Spritmonitor (2017). The most CO₂-efficient cars. Hentet 24.02.2017 fra https://www.spritmonitor.de/en/evaluation/co2_efficient_cars.html
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2015). Energiregnskap og energibalanse, 2014, foreløpige tall.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2016a). Befolkning og areal i tettsteder, 1.januar 2016.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2016b). Befolkningens utdanningsnivå, 1. oktober 2015.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2016c). Elektrisitet, 2015.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2016d). Registrerte kjøretøy, 2015.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2016e). Utslipp av klimagasser/ tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2017a). Kjørelengder.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2017b). Lønn, alle ansatte, 2016.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2017c). Nøkkeltall for befolkning.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2017d). Registrerte kjøretøy, 2016.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2017e). Utslipp av klimagasser, 1990-2015, endelige tall.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2017f). Vi kjører mer i stadig flere biler.
- Strøm, B. (2006). Utvalgssleksjon og manglende data: Noen metodemessige utfordringer. *NIFU STEP, Arbeidsnotat 48/2006*.

-
- Sør-Trøndelag Fylkeskommune. (2014). Fergetakst for elbil. Hentet 03.02.2017 fra <https://www.stfk.no/no/Tjenester/samferdsel/Fergetakst-for-elbil/>
- Timmers, V. & Achten, P. (2016). Non-Exhaust PM Emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 134: 10–17.
- US Department of Energy (DOE) (2011). International Energy Outlook 2011.
- US Environmental Protection Agency (EPA) (2016). Global greenhouse gas emission data. Hentet 23.04.2017 fra <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- van Vliet, O., Brouwer, A., Kuramochi, T., van den Broek, M., & Faaij, A. (2010). Energy use, cost and CO₂ emissions of electric cars. *Journal of Power Sources*, 196: 2298–2310.
- Verbeek, M. (2012). *A Guide to Modern Econometrics, Fourth Edition*, 248-52. John Wiley & Sons, West Sussex, UK.
- Weisser, D. (2007). A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. *Energy*, 32: 1543–1559.
- Wild, C. (1997). The wilcoxon rank-sum test. *University of Auckland*.
- Williams, J., De Benedictis, A., R., G., Mahone, A., Moore, J., Morrow III, W., Price, S. & Torn, M. (2012). The Technology Path to Deep Greenhouse Gas Emissions Cuts by 2050: The Pivotal Role of Electricity. *Science*, 335: 53–59.
- Woolridge, J. (2013a). *Introductory Econometrics: A Modern Approach, Fifth International Edition*, 308-09. South-Western Cengage Learning, Mason, OH.
- Woolridge, J. (2013b). *Introductory Econometrics: A Modern Approach, Fifth International Edition*, 67-69. South-Western Cengage Learning, Mason, OH.
- Woolridge, J. (2013c). *Introductory Econometrics: A Modern Approach, Fifth International Edition*, 79-89, 807. South-Western Cengage Learning, Mason, OH.
- Zeng, X., Li, J. & Singh, N. (2014). Recycling of Spent Lithium-ion Battery: A Critical Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44: 1129–1165.

Tillegg A

Spørsmål fra undersøkelsen

1. Hvor mange dager i uken benytter du deg av følgende fremkomstmidler til og fra arbeid?
 - a. Konvensjonell bil
 - b. Elbil
 - c. Kollektivtransport
 - d. Sykkel/gange
2. Velg "Ja" dersom minst halvparten av dine reiser til arbeidet gjøres med bil (el- eller konvensjonell)
3. Hvor viktig er følgende faktorer for at du kjører bil til jobb? (Kun synlig for dem som gjør minst 50% av sine reiser til jobb med bil/elbil)
 - a. Det er praktisk/lettevint
 - b. Kortere reisetid sammenlignet med andre reisemåter
 - c. Pris (bomring, drivstoff, parke-ring osv) sammenlignet med andre reisemåter
4. Hvor mye må prisene på kollektivtilbudet reduseres for at du skal vurdere alternativ reise-metode? (Kun synlig for dem som gjør minst 50% av sine reiser til jobb med bil/elbil)
 - a. 25%
 - b. 50%
 - c. 75%
 - d. Ingen betydning for valg av reisemetode

-
5. Parkerer du gratis på din arbeidsplass? (Kun synlig for dem som gjør minst 50% av sine reiser til jobb med bil/elbil)
 6. Ville du vurdert alternative reisemetoder dersom det ble innført parkeringsavgift på din arbeidsplass? Marker for laveste beløp du anser som for høyt (Kun synlig for dem med gratis parkering i dag)
 - a. 3 kr i timen
 - b. 5 kr i timen
 - c. 7 kr i timen
 - d. 10 kr i timen eller mer
 - e. Ingen betydning for valg av reisemetode
 7. Ville du vurdert alternative reisemåter dersom parkeringsavgiften på din arbeidsplass økte? Marker for laveste økning du anser å være for høy (Kun synlig for dem som betaler for parkering i dag)
 - a. 50% økning
 - b. Dobling
 - c. Tredobling
 - d. Ingen betydning for valg av reisemetode
 8. Hvor mange i din husstand har førerkort for personbil?
 9. Hva er din anslåtte kjørelengde (i km) hjemmefra og til arbeidsplassen i dag?
 10. Hva er din anslåtte reisetid med bil (i minutter) hjemmefra og til arbeidsplassen i dag?
 11. Hva er din anslåtte reisetid med kollektivtransport (i minutter) hjemmefra og til arbeidsplassen i dag?
 12. Hvor ofte passerer du en bomring?
 - a. Flere ganger daglig
 - b. En gang daglig
 - c. 2-3 ganger i uken

-
- d. Ukentlig
 - e. Sjeldnere
13. Omtrent hvor mange kilometer kjørte din husstand totalt med konvensjonell bil i 2016?
Svar med tall
14. Marker hvor mange av følgende kjøretøy din husstand eier
- a. Konvensjonell bil
 - b. Elbil
15. Planlegger din husstand å anskaffe elbil som din neste bil? (Spm. kun synlig for de som ikke eier elbil)
16. Når husstanden får ny elbil vil denne (Spm. kun synlig for de som planlegger elbilkjøp)
- a. benyttes som supplement til nåværende bil(er)
 - b. erstatte en nåværende bil som selges (vrakes)
17. Hvor viktig er følgende faktorer for at din husstand ikke har anskaffet/ikke ønsker å anskaffe elbil? (Spm. kun synlig for de som ikke planlegger elbil som sin neste bil)
- a. Kjørerekkevidde/batterikapasitet
 - b. Mangel på tilgang til ladestasjoner
 - c. Ikke behov for/ønske om ny bil
 - d. Kjøretøyets størrelse/egenskaper/design
 - e. For høy kjøpspris
 - f. For høye kjørekostnader

SPØRSMÅL 18 OG UTOVER KUN SYNLIG FOR DE SOM EIER ELBIL:

18. Omtrent hvor stor andel av husstandens kortere fritidsreiser ble gjennomført med følgende fremkomstmidler i 2016?
- a. Konvensjonell bil
 - b. Elbil
 - c. Kollektivtransport
 - d. Sykkel/gange

-
19. Omtrent hvor stor andel av husstandens kortere reiser ble gjennomført med følgende fremkomstmidler før husstanden fikk tilgang på elbil?
 - a. Konvensjonell bil
 - b. Kollektivtransport
 - c. Sykkel/gange
 20. Har du samme arbeidsplass og bosted i dag som før du fikk tilgang på elbil?
 21. Hva var din anslåtte kjørelengde (km) hjemmefra og til arbeidsplassen FØR du fikk tilgang på elbil? (Spm. kun synlig for de som har byttet arbeidsplass)
 22. Hva var din anslåtte reisetid med bil (i minutter) hjemmefra og til arbeidsplassen før du fikk tilgang på elbil? (Spm. kun synlig for de som har byttet arbeidsplass)
 23. Hva var din anslåtte reisetid med kollektivtransport (i minutter) hjemmefra og til arbeidsplassen før du fikk tilgang på elbil? (Spm. kun synlig for de som har byttet arbeidsplass)
 24. Gjennomførte medlemmer av din husstand (deg inkludert) 6 eller flere lengre turer (80 km +) i løpet av 2016?
 25. Omtrent hvor stor andel av de lengre reisene (80km +) ble gjennomført med offentlig transport FØR husstanden fikk elbil? (Spm. kun synlig for de med 6 eller flere lange reiser)
 26. Omtrent hvor stor andel av de lengre reisene (80 km +) ble gjennomført med konvensjonell bil FØR husstanden fikk tilgang på elbil? (Spm. kun synlig for de med 6 eller flere lange reiser)
 27. Omtrent hvor stor andel av de lengre reisene (80km+) ble gjennomført med elbil i 2016? (Spm. kun synlig for de med 6 eller flere lange reiser)
 28. Omtrent hvor stor er rekkevidden (antall km) på husstandens elbil?
 29. Omtrent hvor mange kilometer kjørte din husstand totalt med elbil i 2016?
 30. Hadde din husstand konvensjonell bil før du/dere fikk elbil?

-
31. Omtrent hvor mange kilometer kjørte din husstand totalt med konvensjonell bil siste året før du/dere fikk elbil? (Spm. kun synlig for dem som hadde konvensjonell bil før elbil)
32. Hvor viktig var følgende faktorer for at din husstand anskaffet/planlegger å anskaffe elbil? (Spm synlig for dem som har elbil eller planlegger elbil som sin neste bil)
- a. Miljøhensyn
 - b. Gratis parkering
 - c. Gratis passering av bomring
 - d. Bruk av kollektivfelt
 - e. Reduserte kjørekostnader (drivstoff)
 - f. Gratis ferge
 - g. Redusert årsavgift/veiavgift
 - h. Byttet bosted
 - i. Byttet arbeidsplass
 - j. Behov for ekstra bil i husstanden
 - k. Annet (spesifiser)

Tillegg B

Data for bomringpasseringer, Trondheim

	Andel passeringer med miljøvennlige Kjøretøy				
	2013	2014	2015	2016	2017
Januar	0.61%	1.50%	3.43%	5.35%	7.31%
Februar	0.61%	1.63%	3.54%	5.46%	7.16%
Mars	0.63%	1.88%	3.80%	5.86%	
April	0.77%	2.05%	3.91%	6.27%	
Mai	0.79%	2.27%	4.07%	6.21%	
Juni	0.80%	2.32%	4.18%	6.25%	
Juli	0.71%	2.14%	3.76%	5.50%	
August	0.84%	2.59%	4.54%	6.37%	
September	1.03%	2.93%	5.08%	6.80%	
Oktober	1.09%	2.98%	5.08%	6.76%	
November	1.18%	3.20%	5.32%	6.92%	
Desember	1.21%	3.01%	5.25%	5.98%	

Trafikkutvikling 2013-2017 Trondheim Miljøpakken					
Mnd	Trafikk				
	2013	2014	2015	2016	2017
Januar	3,203,370	3,280,433	7,319,403	7,419,864	7,630,438
Februar	2,964,371	3,063,900	6,864,857	7,410,146	7,061,423
Mars	3,078,012	5,607,120	7,864,928	7,323,325	
April	3,427,945	7,109,893	7,384,979	8,126,521	
Mai	3,504,595	7,969,068	7,943,080	8,069,655	
Juni	3,594,275	7,816,924	8,246,371	8,250,434	
Juli	3,116,814	6,502,247	6,610,538	6,622,164	
August	3,598,537	7,842,385	7,994,543	8,268,341	
September	3,496,211	7,995,766	8,147,877	8,222,414	
Oktober	3,625,375	8,239,153	8,268,251	8,282,802	
November	3,335,426	7,722,164	8,098,650	8,096,740	
Desember	3,160,429	7,466,440	7,741,806	7,699,787	
Sum	40,105,360	80,615,493	92,485,283	93,792,193	

Passeringer med miljøvennlige Kjøretøy Miljøpakken								
	2013	2014	2015	Endring %	2016	Endring %	2017	Endring %
Januar	19,500	49,434	250,763	153.5 %	397,330	58.4 %	557,831	40.4 %
Februar	17,995	50,161	242,855	178.7 %	405,224	66.9 %	505,424	40.4 %
Mars	19,288	105,754	299,224	448.3 %	429,351	43.5 %		
April	26,304	145,925	288,789	454.8 %	509,854	76.5 %		
Mai	27,676	180,967	323,093	553.9 %	501,302	55.2 %		
Juni	28,858	181,573	345,009	529.2 %	515,566	49.4 %		
Juli	22,056	139,234	248,489	531.3 %	364,024	46.5 %		
August	30,269	203,178	362,977	571.2 %	526,850	45.1 %		
September	36,079	234,562	414,181	550.1 %	558,969	35.0 %		
Oktober	39,612	245,738	419,669	520.4 %	559,578	33.3 %		
November	39,510	247,270	431,171	525.8 %	560,337	30.0 %		
Desember	38,199	224,443	406,684	487.6 %	430,154	5.8 %		

Trafikkutvikling 2013-2017 Trondheim Miljøpakken															
Trafikk fordelt på klasse															
Mnd	2013 >3500	2013<3500	Miljøvennlig	2014 >3500	2014<3500	Miljøvennlig	2015 >3500	2015<3500	Miljøvennlig	2016 >3500	2016<3500	Miljøvennlig	2017 >3500	2017<3500	Miljøvennlig
Januar	2,875,524	2,29065	19,500	2,919,202	2,32823	49,434	6,353,413	415210	250,763	6,151,169	420400	397,330	6,229,222	447896	557,831
Februar	2,647,648	206927	17,995	2,717,571	216075	50,161	5,923,146	405922	242,855	6,139,108	434824	405,224	5,224,808	388734	505,424
Mars	2,762,805	202455	19,288	4,914,931	349499	105,754	6,781,367	453216	299,224	6,165,173	418551	429,351			
April	3,073,638	239166	26,304	6,237,293	419606	145,925	6,340,946	427220	288,789	6,759,364	490774	509,854			
Mai	3,134,843	244682	27,676	6,972,352	478662	180,967	6,823,031	464708	323,093	6,741,994	478104	501,302			
Juni	3,199,414	263402	28,858	6,830,034	471045	181,573	7,057,501	508220	345,009	6,858,139	512714	515,566			
Juli	2,778,774	222490	22,056	5,710,657	390255	139,234	5,713,321	392275	248,489	5,622,010	374968	364,024			
August	3,211,903	256634	30,269	6,866,883	448502	203,178	6,840,451	455433	362,977	6,863,773	481361	526,850			
September	3,099,089	267810	36,079	6,938,836	497181	234,562	6,866,845	503746	414,181	6,744,244	531460	558,969			
Oktober	3,204,117	286725	39,612	7,154,799	509701	245,738	6,982,851	502798	419,669	6,864,875	522218	559,578			
November	2,948,826	251269	39,510	6,726,706	444020	247,270	6,822,559	483656	431,171	6,682,374	512580	560,337			
Desember	2,807,998	198145	38,199	6,476,019	389354	224,443	6,567,548	406855	406,684	6,519,550	427993	430,154			
Sum	35,744,579	2,868,770	345,346	70,465,283	4,846,723	2,008,239	79,072,979	5,419,259	4,032,904	78,111,773	5,605,947	5,758,539	11,454,030	836,630	1,063,255

Tillegg C

Korrelasjonsmatriser og testing av data

Tabell C.1: Shapiro-Wilk-test for normal data. Forkaster H_0 om normal data.

Variabel	Obs	W	V	Z-verdi	P-verdi
cartotal	1155	0.5802	301.913	14.223	0.0000
cvttotal	1155	0.57383	306.495	14.261	0.0000

Tabell C.2: Breusch-Pagan-test for heteroskedastisitet. Forkaster H_0 om konstant varians.

	Chi ²	P-verdi
cartotal	845.78	0.0000
cvttotal	527.93	0.0000

Tabell C.3: Variance Inflation factor (VIF) indikerer lav grad av multikollinearitet.

Variabel	VIF	1/VIF
cvnum	1.51	0.662878
age	1.39	0.716899
income	1.29	0.777654
distwork	1.25	0.798847
commutediff	1.23	0.811185
licence	1.23	0.814466
evnum	1.09	0.915458
Gj.snitt. VIF	1.28	

Tabell C.4: Korrelasjonsmatrise for variable i data fra bomringen

	Konvensjonell	Elbil	Befolkning	Drivstoffpris
Konvensjonell	1			
Elbil	0.4312	1		
Befolkning	0.1832	0.9336	1	
Drivstoffpris	-0.1448	-0.6978	-0.64	1

Tabell C.5: Korrelasjonsmatrise for variable i data fra spørreundersøkelsen

	Total kjøring	Konv. kjøring	Antall elbiler	Ant. konv. biler	Reisevei, km	Diff. reisetid	Ant. førerkort	Alder	Inntekt (1-8)
Total kjøring	1								
Konv. kjøring	0.9679	1							
Antall elbiler	0.235	0.0771	1						
Ant. konv. biler	0.3326	0.368	-0.0821	1					
Reisevei, km	0.3104	0.3013	0.0892	0.2716	1				
Diff. reisetid	0.2598	0.2315	0.2239	0.1865	0.3738	1			
Ant. førerkort	0.2074	0.2094	0.0648	0.411	0.0514	0.066	1		
Alder	0.0636	0.0725	0.0112	0.3381	0.0106	0.0487	0.1417	1	
Inntekt (1-8)	0.0149	0.0128	0.0363	0.1688	-0.076	-0.0069	0.1099	0.4596	1