

Vestlandsforskning-rapport nr. 12/2012

En analyse av drivstofforbruket i tyngre lastebiler

Av Morten Simonsen



Vestlandsforskning rapport

| | |
|---|--|
| Tittel En analyse av drivstofforbruket i tyngre lastebiler | Rapportnummer 12/2012 Dato mars 2012 Gradering Open |
| Prosjekttittel Energi- og miljøbesparende tiltak i Lerum Frakt BA | Tal sider 33 Prosjektnr 6198 |
| Forskar(ar) Morten Simonsen | Prosjektansvarleg Morten Simonsen |
| Oppdragsgivar Statens Vegvesen v/Transnova-programmet | Emneord Godstransport Transport |
| Samandrag | |
| Andre publikasjonar frå prosjektet | |
| ISBN: 978-82-428-0326-9 | Pris: Gratis tilgjengelig på http://www.vestforsk.no |

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Innledning..... | 5 |
| Datainnsamling..... | 6 |
| Metode..... | 7 |
| Analysemodell..... | 9 |
| Resultat..... | 11 |
| Analyse av egne vekt-data med ruteidentifisering..... | 17 |
| Utslipp..... | 20 |
| Institusjonelle barrierer..... | 24 |
| Effekt av kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 24 |
| Oppsummering..... | 32 |

Tabeller

| | |
|--|----|
| Tabell 1 Estimering av multivariat regresjonsmodell..... | 12 |
| Tabell 2 Estimert forbruk for ulike nivå på gjennomsnittsfart..... | 13 |
| Tabell 3 Effekt av andel av kjøretida som brukes i høyeste gear..... | 14 |
| Tabell 4 Elastisiteter..... | 15 |
| Tabell 5 Direkte og indirekte effekter..... | 15 |
| Tabell 6 Regresjonsmodell med lastevekt og første leveringssted..... | 20 |
| Tabell 7 Utslippsfaktorer..... | 22 |
| Tabell 8 Utslippseffekter i multivariat regresjonsmodell. Gram per vogn-km..... | 22 |
| Tabell 9 Utslippseffekter av uavhengige variable i multivariat modell. Tonn med antatt kjørelengde 100 000 km per år..... | 23 |
| Tabell 10 Effekter på bruk av cruise kontroll for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 25 |
| Tabell 11 Effekter på drivstofforbruk for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 25 |
| Tabell 12 Effekter på bruk av automatisk gear skift for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 26 |
| Tabell 13 Effekter på gjennomsnittsfart for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 27 |
| Tabell 14 Effekter på tomgangskjøring for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 27 |
| Tabell 15 Effekter på motorbelastning for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 28 |
| Tabell 16 Effekter på bruk av høyeste gear for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 28 |

| | |
|--|----|
| Tabell 17 Effekter på bruk av utrulling for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 29 |
| Tabell 18 Effekter på bruk av bremsere for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011..... | 30 |
| Tabell 19 Multivariat regresjonsmodell med kursdeltakelse om indikator for kjøreadferd..... | 31 |
| Tabell 20 Signifikante endringer i ulike indikatorer samt forbruk av drivstoff | 32 |

| | |
|---|----|
| Figur 1 Residualplot..... | 17 |
| Figur 2 Forbruk av drivstoff vs lastevekt fordelt på lokalisering av første leveringssted..... | 18 |
| Figur 3 Fargekode for lokalisering av første leveringssted..... | 19 |
| Figur 4 Endring i bruk av cruise kontroll vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs..... | 25 |
| Figur 5 Endring i bruk av automatisk gear skift vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs..... | 26 |
| Figur 6 Endring i bruk av tomgangskjøring vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs..... | 28 |
| Figur 7 Endring i bruk av utrulling vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs | 29 |

Likninger

| | |
|--|----|
| Likning 1 Omregning til liter pr vogn-km..... | 21 |
| Likning 2 Omregning til utslippsfaktor pr liter diesel | 22 |

Innledning

Dette notatet er en kortversjon av rapporten "Fuel consumption in heavy duty vehicles" som offentliggjøres av Vestlandsforskning 1 februar 2012. Vi viser til rapporten for en full dokumentasjon av variable og effekter som omtales i dette notatet. Rapporten og dette notatet vil bli lagt ut på Vestlandsforskning sine hjemmesider etter 1 februar 2012. Rapporten er hovedrapporten i prosjektet "Energi og miljøbesparende tiltak Lerum Frakt BA".

Prosjektet bygger på erfaringene fra EU-prosjektet RECODRIVE (<http://www.recodrive.eu/>) som hadde som formål å bidra til en bærekraftig administrasjon av lastebilparken basert på

- innkjøp av lastebil,
- kjørestil,
- ruteplanlegging,
- vedlikehold av lastebil,
- logistikkoptimalisering.

Dette notatet vil dokumentere potensialet for energieffektivisering i tyngre lastebiler. Med energieffektivisering mener vi reduksjon av drivstofforbruket. Datamaterialet som benyttes i analysene er hentet fra flåtestyringssystemet Dynafleet som er utviklet av Volvo.

Formålet med prosjektet var også å vurdere en reduksjon av det totale transportomfanget ved hjelp av optimalisering av logistikk og ruteplanlegging. For å gjennomføre en slik analyse kreves data for utnyttelse av lastebilene for hver enkelt oppdrag. Et oppdrag for lastebilene starter som regel ved Lerum Fabrikker i Sogndal. Lasten består av saft og syltetøy som produseres ved Lerum Fabrikker og skal leveres til kunder på Østlandet, Sørlandet, Vestlandet eller Trøndelag. Transport til Nord-Norge foregår med båt. Oppdraget slutter ved første leveringssted. Det kan være flere leveringssteder, men utnyttelsesgraden vil synke for hvert ekstra leveringssted etter det første. Om det er flere leveringssteder vil de ligge omlag i samme geografiske område.

Når lastebilene returnerer til Sogndal kan de også ta med last. Dette vil være last som fraktselskapet skaffer lastebilene i området der det første leveringssted ligger. Returlast vil ha en mye større ad hoc karakter, med dette mener vi at returlast ofte ikke er planlagt men oppstår mer eller mindre spontant. Dette kan påvirkes ved at fraktselskapet inngår kontrakter med store kunder som har jevnlig levering i Sogndal eller i nærheten av Sogndal eller på veien til Sogndal. Det finnes noen slike kontrakter i dag men omfanget er begrenset. Fraktselskapet selv ønsker å utvikle flere slike kontrakter som kan gi høyere utnyttelse og bedre lønnsomhet på lastebilene.

Vi har brukt indikatorer for kjøreadferd og infrastruktur/terreng i våre analyser av drivstofforbruk. Dette er indikatorer som gjennomsnittsfart, andelen av kjøretiden med bruk av cruise kontroll, andel av kjøretiden brukt i høyeste gear osv. Disse indikatorene måles i Dynafleet pr dag, ikke pr oppdrag. Et oppdrag kan vare en dag, det kan vare flere dager eller flere oppdrag kan utføres av forskjellige sjåførere på en dag. Opplysninger om lastebilenes rute i Dynafleet foreligger ikke i samme rapport som indikatorverdiene. Vi kan derfor ikke analysere effekten av disse indikatorene på energibruken pr oppdrag. Dette reduserer muligheten for å bruke analysene i ruteplanlegging og optimalisering av logistikk.

Det er en svakhet ved registrering av vekt i Dynafleet. Det opereres med tre vekt kategorier og i alle kategoriene regnes bilens egenvekt med i den totale vekten. Et vogntogs egenvekt kan være opptil 20 tonn. Den samlede tillatte vekt for et vogntog inklusive egenvekt er på 50 tonn. Den øverste vekt kategori er på 28 tonn, det vil si at all vekt (inklusive lastebilens egenvekt) på over 28 tonn

regnes som høy vekt. Som en følge av dette trenger ikke lasten veie mer enn 8 tonn for at lastebilen blir registrert med høy vekt i Dynafleet. Kategorien høy vekt er derfor upresis i Dynafleet siden mange lastebiler med høyst ulik last og vekt vil havne i den øverste kategorien siden lastebilens egenvekt er høy. Den eksakte vekten bare for lasten er ikke tilgjengelig i Dynafleet.

Svakheten ved vektregistrering og ruteregistrering har gjort at vi ikke har kunnet analysere optimalisering av logistikk og ruteplanlegging slik vi hadde ønsket. Får gjøre slike analyser trenger vi også av klarering mellom utnyttelse av lastebiler målt med vekt eller volum. Noen lastebiler frakter for eksempel paller til kundene. Disse pallene benyttes til å frakte saftflasker tilbake til Lerum Fabrikker. Fraktselskapet opplyser at et vogntog fullastet med paller veier 10,2 tonn. Et vogntog kan frakte opptil 30 tonn last. Det betyr at vogntoget fullastet med paller utnytter volumet 100% mens vektkapasiteten bare utnyttes med omlag 33%. Begrepet kapasitetsutnyttelse er dermed ikke entydig siden det kan måles både i volum og vekt. En analyse av optimalisering av logistikk og ruteplanlegging bør ta slike forhold med i betraktning. Det er ikke mulig å hente slike opplysninger ut av Dynafleet.

For å bøte på svakheter med ruteinformasjon og vektregistrering har vi gjennomført en egen analyse med vekt-data fra fraktselskapet pr rute. Disse vektene er koplet med informasjon om ruter fra tracking-rapporten i Dynafleet. Denne tracking-rapporten inneholder ikke informasjon om de ulike kjøreindikatorerne som er benyttet i analysene av energibruk som presenteres her. Kopling av data fra fraktselskap og tracking-rapport gjør det mulig å analysere energibruk pr oppdrag med presis vektinformasjon. Den innsamlede informasjon dekker desember 2011. Analysen er dokumentert i dette notatet. Vi tar sikte på å gjennomføre flere slike analyser i neste fase av prosjektet hvor vi kan samle inn tilsvarende data over flere måneder. Dette vil gi oss bedre grunnlag for å si noe om energieffektivisering og transportomfang pr rute. Vi mangler fremdeles informasjon om vekten av returlast og hvilken type returlast det er. Dersom denne informasjonen blir tilgjengelig vil vi integrere den i analysen.

Vi har så langt ikke tatt kunnet ta hensyn til vedlikehold av lastebilene i analysene. Dette er informasjon som ikke er tilgjengelig i Dynafleet. Det antas derfor i analysene at alle lastebil gjennomfører samme vedlikeholdsprogram og at forskjeller i drivstofforbruk ikke skyldes forskjeller i vedlikehold.

Datainnsamling

Data i prosjektet er hentet ut fra Volvos flåtestyringssystem Dynafleet som gir oversikt over totalt drivstofforbruk for lastebilene pr dag og andel av samlet kjøretid pr dag brukt på ulike variable som har sammenheng med drivstofforbruket. Eksempel på slike indikatorer kan være bruk av cruise kontroll, bruk av automatisk gear skift og bruk av tomgangskjøring. Ut fra tilgjengelige data kan vi analysere hvilke lastebiltyper som gir det laveste drivstofforbruket, hvilken forskjell det er i kjøreatferd mellom sjåførere og hvordan forskjeller i adferd påvirker forbruket. På bakgrunn av analysene kan vi gi anbefaling om hvilken kjøreatferd som gir lavest energibruk. Lavere energibruk betyr mindre utslipp og innebærer dermed ein miljøgevinst.

Flåtestyringssystemet Dynafleet er installert i 16 lastebiler som disponeres av Lerum Frakt BA. Selskapets største oppdragsgiver er Lerum Fabrikker som produserer syltetøy og saft. De viktigste markedene for Lerum-produktene ligger på det sentrale Østlandsområdet, i Bergen, Stavanger og i Trøndelag. Varene må fraktes til disse markedene med lastebil siden det ikke finnes jernbane i Sogn og Fjordane. Båttransport er heller ikke aktuelt til disse markedene siden det tar for lang tid.

I alt 62 sjåførar hos Lerum Frakt er registrert i Dynafleet. Flere av disse har sluttet i løpet av prosjektperioden og noen er ikke lenger aktive sjåførar. Alle data som er brukt av Vestlandsforskning er anonymiserte. Sjåfør og lastebil er kun registrert med en bokstavkode. Siden en lastebil kan kjøres av flere sjåførar bruker vi sjåførdata som grunnlag for å estimere effekten av ulike kjøreatferd. Opplysninger om sjåførar og lastebiler er koplet sammen ved å anta at dersom to registreringar (en for lastebilen og en for sjåføren) forekommer på same dag med same tidsbruk, med same tilbakelagt distanse og med same totalt forbruk av drivstoff er det same registrering. Dermed kan vi anta hvilken lastebil sjåføren har brukt denne dagen. Dette gjør det mulig å kople egenskaper ved lastebilen med egenskaper om sjåførens kjøreatferd. For fraktselskapet er forbruket for den enkelte lastebil også interessant, dette kan bidra til å finne riktig sammensetning av den lastebilparken selskapet opererer med. Eksempelvis kan fraktselskapet danne seg et bilde av hva som er optimalt antall hestekrefter for lastebilene som benyttes. Dette er også nyttig informasjon for å få ned samlet energibruk og utslipp for den samlede transporten.

Metode

Det er brukt regresjonsanalyse for å avgjøre hvilke indikatorer som påvirker drivstofforbruket i lastebilene. En regresjonsmodell består av en avhengig variabel eller en effektvariabel. Vi ønsker å forklare variasjonen i denne avhengige variabelen. I våre analyser er energibruken målt med liter pr mil den avhengige variabelen.

For å forklare variasjoner i energibruk bruker vi et sett med uavhengige variable eller årsaksvariable. Vi har delt de uavhengige variablene inn i to grupper. Den ene gruppen antar vi måler effekten av ulike infrastruktur og terreng. Lastebilene vi analyserer kjører langs ruter med ganske ulike terreng og kvalitet på infrastrukturen. Fjelloverganger som Hemsedalsfjellet eller Sognefjellet har naturlig nok en annen veistandard enn det sentrale Østlandsområdet. Terreng setter grenser for hva slags fart lastebilene kan holde og hvilket gear de kan kjøre i. Ulike terreng og veistandard krever også ulike motorbelastning, definert som en belastning av motoren som ligger over 90% av maksimalt dreiemoment.

Den andre gruppen av uavhengige variable måler effekten av kjøreatferd. Dette er variable som bruk av cruise kontroll, bruk av automatisk gear skift, bruk av utrulling og tomgangskjøring. Infrastruktur og terreng setter også grenser for hvor mye cruise kontroll, utrulling eller automatisk gear skift som kan brukes. Værforhold og sesongvariasjoner setter også grenser for bruk av tomgangskjøring. I en multivariat regresjonsmodell kan vi kontrollere for ulike infrastruktur og terreng ettersom vi bruker noen indikatorer som mål på disse egenskapene. De effektene vi finner av variable for kjøreatferd i en multivariat modell vil derfor gjelde for samme infrastruktur og terreng gitt at våre indikatorer for å måle infrastruktur og terreng er tilfredsstillende. Vi mener at dette er tilfelle men vil samtidig gjøre leseren oppmerksom på hvilke forutsetninger som gjelder.

Med kontrollerte effekter mener vi at effekten av en enkelt indikator kan beregnes med forutsetning om at verdiene på de andre indikatorene er konstant. På denne måten kan vi få fram den isolerte og uavhengige effekten av en enkelt indikator. Indikatorene varierer sammen. Øker verdien på en av dem øker gjerne verdien på en annen samtidig. Uten en statistisk kontroll ville det derfor være vanskelig å vite den enkeltes indikators effekt siden det er vanskelig å skille dem fra hverandre. Statistisk kontroll er derfor en parallell til kontroll i et laboratorium hvor en prøver å isolere en

egenskap og lar bare denne egenskapen variere i kontrollerte omgivelser. Fullstendig kontroll slik en har i et laboratorium er ikke mulig siden vi ikke gjennomfører et kontrollert eksperiment. Statistisk kontroll er det nærmeste vi kan komme. Hvilke indikatorer vi bruker til å måle ulike egenskaper er derfor avgjørende for om vi greier å foreta en slik kontroll.

De uavhengige variablene kan ha direkte og indirekte effekter. I en multivariat modell beregner vi de direkte effektene av hver enkelt uavhengig variabel. Om vi bare tar med en uavhengig variabel i modellen, for eksempel gjennomsnittsfart, vil vi beregne den totale effekten av bare denne uavhengige variabelen. Differensen mellom den totale effekten av en uavhengig variabel og den direkte effekten er summen av alle de indirekte effektene for denne variabelen. Gjennomsnittsfart har ikke bare en effekt på drivstofforbruket. Farten påvirker også i hvilken grad cruise kontroll, automatisk gear skift eller utrulling kan benyttes. Når bruken av cruise kontroll eller utrulling endrer seg vil også drivstofforbruket endre seg. Dette betyr at noen uavhengige variable, i dette eksempelet cruise kontroll og utrulling, ligger mellom gjennomsnittsfart og drivstofforbruk. De indirekte effektene av den bakenforliggende uavhengige variabelen, gjennomsnittsfart, går gjennom disse mellomliggende variablene. Det betyr i vårt eksempel at vi har to effekter av fart, en direkte og en indirekte ettersom økt bruk av andre uavhengige variable som cruise kontroll og utrulling påvirkes av gjennomsnittsfart samtidig som de også på sin side påvirker drivstofforbruket. Liknende resonnement kan vi gjøre for andre uavhengige variable.

I tillegg til direkte og indirekte effekter har vi også spuriøse. La oss holde oss til eksempelet ovenfor. Den bakenforliggende variabelens indirekte effekter er spuriøse effekter for de mellomliggende. La oss anta at vi har en modell med bare bruk av cruise kontroll som uavhengig variabel. Den avhengige variabelen er drivstofforbruket. Nå vet vi fra eksempelet ovenfor at bruken av cruise kontroll er påvirket av gjennomsnittsfarten. Om vi ikke tar med gjennomsnittsfart i modellen vil noe av effekten vi finner for cruise kontroll skyldes gjennomsnittsfart. Dette kan ha en av to konsekvenser. Enten blir effekten av cruise kontroll for stor fordi effekten av fart og effekten av cruise kontroll har samme fortegn på drivstofforbruket. Med samme fortegn mener vi at om farten øker så reduserer vi drivstofforbruket og om bruken av cruise kontroll øker vil vi også redusere forbruket. En økning i begge de to uavhengige variablene gjennomsnittsfart og bruk av cruise kontroll vil føre til et forbruket synker.

Den andre konsekvensen er at effekten av cruise kontroll blir for liten fordi gjennomsnittsfart og cruise kontroll har ulike effekter på drivstofforbruket. Det kan for eksempel være at om gjennomsnittsfarten øker vil også drivstofforbruket øke mens en økning i bruk av cruise kontroll fremdeles vil redusere forbruket.

Poenget i dette eksempelet er at cruise kontroll er både en avhengig og en uavhengig variabel. Det er en uavhengig variabel eller forklaringsvariabel mot drivstofforbruk mens det er en avhengig variabel i forhold til gjennomsnittsfart fordi farten påvirker hvor mye cruise kontroll som kan brukes. Derfor kaller vi bruk av cruise kontroll en mellomliggende variabel mellom gjennomsnittsfart og drivstofforbruk. Men for variabelen bruk av cruise kontroll vil effekten av gjennomsnittsfart være en spuriøs effekt om vi ikke tar denne variabelen med i modellen. En spuriøs effekt betyr at en uavhengig variabel skyggelegger effekten av en annen uavhengig variabel. Ved å inkludere de relevante uavhengige variablene samtidig i samme modell fjerner vi den spuriøse effekten og beregner den direkte, isolerte effekten av cruise kontroll. På den måten analyserer vi forskjeller i

bruk av cruise kontroll gitt samme gjennomsnittsfart. Siden bare bruk av cruise kontroll vil variere vet vi at effekten vi finner skyldes forskjeller i bruk av cruise kontroll. Effekten skyldes ikke andre forskjeller som vi ikke kontrollerer for.

Den spuriøse effekten av for eksempel bruk av cruise kontroll kan vi likevel finne som den bivariate effekten. Differensen mellom den bivariate effekten og den direkte for bruk av cruise kontroll vil inneholde spuriøse effekter av andre uavhengige variable som gjennomsnittsfart og motorbelastning. Differensen kan også inneholde indirekte effekter om bruk av cruise kontroll påvirker bruken av andre kjøreindikatorer, for eksempel utrulling.

For noen variable er det åpenbart om en effekt er indirekte eller spuriøs. Dette skyldes at det bare er en mulig årsaksrekkefølgen mellom de uavhengige variablene. La oss ta et eksempel. Vi tenker oss at forbruket er større i vintermånedene. Samtidig vil gjennomsnittsfarten være lavere i vintermånedene. Og gjennomsnittsfart påvirker forbruket som vi allerede har sett. Det er bare en mulig årsaksrekkefølge. Gjennomsnittsfart kan ikke påvirke årstider men årstider kan påvirke gjennomsnittsfart. Dersom vi ikke tar med en variabel for vintermånedene vil noe av effekten av vinter tilskrives variabelen gjennomsnittsfart. Det vil virke som om gjennomsnittsfart har en mindre effekt enn det den i virkeligheten har dersom vinter og gjennomsnittsfart påvirker forbruket på ulik måte. Vi kan si at variabelen vinter skyggelegger effekten av gjennomsnittsfart om vi ikke tar med begge i forklaringsmodellen.

Vi vet ikke eksakt verdien på hva de spuriøse eller indirekte effekter for hver uavhengig variabel. Det vil kreve et helt annet metodisk opplegg å beregne hver av disse effektene. Etter vårt skjønn er det tilstrekkelig å kjenne differensen mellom den bivariate og den direkte effekten for hver uavhengig variabel. Dette vil gi oss et bilde av hvordan indikatorene påvirker hverandre. Den virkelige effekten av hver uavhengig variabel finner vi i den multivariate modellen. Men summen av de indirekte og spuriøse effektene av en enkelt uavhengig variabel kan også fortelle oss noe om hvilke vilkår som må være til stede for at denne uavhengige variabelen skal ha en effekt. Hva kreves for at cruise kontroll har en effekt? Når kan utrulling redusere drivstoff-forbruket? Vi vil kommentere slike forhold fortløpende i teksten etterhvert som vi tolker effektene av de uavhengige variablene i den multivariate modellen.

Forklaringsmodellen er konstruert ut fra teoretiske betraktninger. Vi kan ikke med observasjon alene avdekke kompliserte årsaksforhold. Vi formulerer en modell ut fra hva vi regner med er årsaksforhold ut fra teoretisk kunnskap. Det er når vi tester modellen at vi kan avgjøre om det faktisk er slik at noe er årsak til noe annet. Dette kan vi avgjøre med signifikanssannsynligheten (p-verdien) til koeffisientene som vi beregner i modellen. Men resultatet av observasjon er avhengig av teoretiske betraktninger. Vi kan ikke bare ta med alle tenkelige variable i en modell og se hva som kommer ut. Vi må på forhånd ha en teoretisk forestilling om hvordan de ulike variabler henger sammen.

Analysemodell

I regresjonsmodellen er drivstofforbruket avhengig variabel eller effektvariabel. Vi forklarer variasjonen i forbruket med følgende uavhengige variabler eller forklaringsvariabler:

- gjennomsnittsfart
- prosentandel av samlet kjøretid pr dag hvor lastebilen går på tomgang,

- prosentandel av samlet kjøretid pr dag hvor lastebilen benytter cruise kontroll,
- prosentandel av samlet kjøretid pr dag hvor lastebilen benytter automatisk gear skift,
- prosentandel av samlet kjøretid pr dag hvor lastebilen har en motorbelastning på mer enn 90% av maksimalt uttak,
- prosentandel av samlet kjøretid pr dag som lastebilen tilbringer i høyeste gear,
- prosentandel av samlet kjøretid pr dag som lastebilen benytter til utrulling,
- prosentandel av samlet kjøretid pr dag hvor lastebilen har høy vekt inklusive last og lastebilens egenvekt,
- en dummy-variabel for lastebil med 540 hestekrefter,
- en dummy-variabel for lastebil med 700 hestekrefter,
- en dummy-variabel som kontrollerer for variasjon i kjøreforhold i vintermånedene, denne er satt til 1 for månedene desember, januar, februar og mars,
- en dummy-variabel for semitrailer, denne er 1 for semitrailer og 0 for vogntog.

I dette notatet bruker vi benevnelsen indikator med samme betydning som uavhengig variabel.

For sjåførene er data samlet inn i perioden 26 januar 2011 til 14 januar 2012. Vi har dermed data for et helt år slik at eventuelle sesongvariasjoner blir jamnet ut. Data er registrert som gjennomsnitt over en hel dag. Med prosentandeler av samlet kjøretid mener vi derfor kjøretiden over en hel dag.

Det er kun lastebiler fra Volvo som benyttes i analysene. Vi har brukt motortype som mål på lastebilens motorstørrelse. I alt er det tre ulike motortyper som er brukt. Disse er D13C500, D13C540 og D13G700. De tre siste sifrene angir motortypens hestekrefter. I modellen brukes det en dummy-variabel for de to siste motortypene. Effekten av den første motortypen måles av konstantleddet i modellen.

Vi antar at semitrailere og vogntog kan ha forskjellig forbruk av drivstoff. Semitrailere har 16 hjul mens vogntog har 22 hjul. Dekkene har også ulike dimensjoner noe som kan gi ulik rullemotstand og dermed forskjellig drivstofforbruk. En semitrailer bruker dekkdimensjonene 385/55/22,5 mens et vogntog bruker dekkdimensjonene 265/65/19,5.

Forbruk av drivstoff er ventelig større i vintermånedene enn på andre tider av året. Om vinteren er vær- og føreforhold betydelig vanskeligere. Vinterføre vil også påvirke muligheten til å benytte cruise kontroll, automatisk gear-skift, del av kjøretiden i høyeste gear, motorbelastning og gjennomsnittsfart. Derfor er det viktig å kontrollere for vinterforhold for å få fram effektene av de andre variablene. Ved å bruke en dummy-variabel for vintermånedene estimerer vi effekten av de andre uavhengige variablene under forutsetning om at sesong-variasjoner i drivstofforbruket er rensket bort.

Økt motorbelastning antas å øke forbruk av drivstoff. Lastebilene har høy motorbelastning på smale veier i bratte stigninger. Vi antar også at økt gjennomsnittsfart reduserer forbruket. Vi begrunner dette med at lastebilene i stigningene tvinges til å holde lav fart. Høyere gjennomsnittsfart er derfor en effekt av bedre infrastruktur og flatere veier.

Det samme resonnement gjelder for andel av kjøretiden i høyeste gear. I bratte stigninger tvinges sjåførene til å holde lav fart i lavt gear med høy motorbelastning. Derfor vil også økende andel av kjøretid i høyeste gear være en indikator på flatere veier og bedre infrastruktur. Disse tre uavhengige

variablene måler dermed effekten av veiens kurvatur og infrastrukturens kvalitet. Sjåførene kan ikke bare bestemme seg for å øke farten, redusere motorbelastningen eller øke andel kjøretid i høyeste gear. Det er terreng og veikvalitet som setter grenser for hvilke verdier som kan oppnås på disse uavhengige variablene.

Det stiller seg noe annerledes for variablene bruk av cruise kontroll, utrulling, bruk av automatisk gear skift og andel tomgangskjøring. Sjåførene kan i større grad avgjøre for eksempel hvor mye cruise kontroll de ønsker å bruke selv om infrastruktur og terreng kan sette grenser også her. Disse uavhengige variablene anser vi derfor for å være indikatorer på kjøreadferd mer enn infrastruktur. Vi antar videre at økt bruk av cruise kontroll og økt bruk av automatisk gear skift reduserer forbruket siden lastebilene får en jevnere og mer stabil fart. Økt bruk av utrulling antar vi også reduserer forbruket siden belastningen på motoren reduseres. Når det gjelder tomgangskjøring antar vi at mer bruk av tomgang øker drivstofforbruket.

Siden vi bruker ulike uavhengige variable som indikasjoner på infrastruktur og kjøreadferd kan vi ved modellestimeringen si noe om hva som påvirker forbruket mest, infrastruktur eller adferd. For å måle de uavhengige variabelenes relative effekt vil vi bruke gjennomsnittselastisiteter. Disse beregnes ved å bruke estimerte regresjonskoeffisienter fra modellen og deretter korrigere med gjennomsnitt for hver av de uavhengige variablene i forhold til gjennomsnitt for den avhengige variabelen drivstofforbruk. På denne måten får vi et mål på variabelenes relative effekt som ikke er avhengig av hvilken målestokk de ulike variablene benytter. Gjennomsnittselastisiteten for en uavhengig variabel måler hvor stor prosentvis endring i drivstofforbruk per 10 km som følger av en prosents endring i verdien på den aktuelle uavhengige variabelen. Regresjonskoeffisienten for den samme uavhengige variabelen måler på sin side hvor stor endringen er i liter pr mil gitt en enhets økning i variabelen.

Alle effektene i modellen med unntak av to antas å være lineære. Effekten av gjennomsnittsfart antar vi er en invers effekt. Det vil si at effekten av en fartsøkning er størst når farten er lav. Deretter avtar effekten ettersom farten øker mer. En fartsøkning fra 20 til 30 km har derfor større effekt enn en fartsøkning fra 50 til 60 km. Effekten av økende fart er avtakende mot en grenseverdi. Dette har selvsagt sammenheng med at lastebilene i de bratteste stigningene må holde ekstra lav fart.

Vi antar at andel kjøretid i høyeste gear har samme inverse effekt. Effekten av å øke denne andelen vil være størst når andelen er liten. Når mesteparten av kjøretiden foregår i høyeste gear antar vi dette er et mål på bedre infrastruktur og lettere terreng. I en slik sammenheng vil en ekstra økning i andel kjøretid i høyeste gear ha mindre effekt siden lastebilen allerede antas å ha lavere forbruk.

Resultat

Tabell 1 viser resultatet av beregningen av regresjonsmodellen. Regresjonskoeffisientene viser hvor stor endringen i forbruket av drivstoff per mil er dersom den uavhengige variabelen endrer seg med en enhet. Om for eksempel bruken av cruise kontroll øker med ett prosentpoeng av samlet kjøretid, for eksempel fra 10 til 11 prosentpoeng, antar vi ifølge modellen at forbruket av drivstoff reduseres med 0,003 liter pr mil. Dette er verdien på regresjonskoeffisienten for cruise kontroll i tabellen. Økes dermed bruken av cruise kontroll med 10 prosentpoeng fra 10 til 20 antar vi en effekt på 0,03 liter pr mil. Effekten er lineær, effekten av en økning på 10 prosentpoeng er ikke avhengig av hvilken verdi variabelen cruise kontroll hadde før økningen.

Tabell 1 Estimering av multivariat regresjonsmodell.

| | Regresjons- koeffisienter | Standard error | t-Stat | P-verdi |
|------------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------|------------|
| Konstantledd [§] | 2,61678592 | 0,1104821 | 23,6851567 | 2,975E-108 |
| Gjennomsnittsfart [#] | 50,9502687 | 7,00405173 | 7,27439926 | 5,1583E-13 |
| Tomgang [*] | 0,01246221 | 0,00099649 | 12,5060918 | 1,7605E-34 |
| Cruise kontroll [*] | -0,00337865 | 0,00063882 | -5,28888832 | 1,38E-07 |
| Automatisk gear skift [*] | -0,00720667 | 0,00068239 | -10,5609861 | 2,4259E-25 |
| Motorbelastning [*] | 0,0860449 | 0,00135609 | 63,4506055 | 0 |
| Bruk av høyeste gear ^{*#} | 20,6243657 | 1,61463528 | 12,7733897 | 7,7451E-36 |
| Utrulling [*] | -0,02152745 | 0,00128984 | -16,689953 | 2,8029E-58 |
| Høy vekt [*] | 0,00233401 | 0,00024593 | 9,49059427 | 6,9627E-21 |
| Bremseteller | 0,00085312 | 0,00022676 | 3,76215466 | 0,00017382 |
| Motortype: D13C540 [‡] | 0,21517204 | 0,03010862 | 7,14652517 | 1,2852E-12 |
| Motortype: D16G700 [‡] | 0,65940031 | 0,02161996 | 30,4996076 | 3,233E-165 |
| Vinter ^{††} | 0,13603108 | 0,01267032 | 10,7361953 | 4,1282E-26 |
| Semitrailer [%] | -0,11230945 | 0,02620989 | -4,28500298 | 1,9234E-05 |

^{*}Målt som prosentandel av samlet kjøretid som indikatoren blir brukt [#]Invers effekt [§]Konstantleddet måler effekt av et vogntog av motortype D13C500 ^{††}1 for vintermånedene desember, januar, februar og mars, 0 ellers [‡]1 om lastebilen har den relevante motortype, 0 ellers [%]1 om lastebilen er en semitrailer, 0 ellers

I alt 1824 registreringer er brukt i analysen. I alt forklarer modellen 91% av variasjonen i drivstofforbruket ¹.

Alle effektene i modellen er statistisk signifikante. Dette kan forklares slik: Vi tar alltid utgangspunkt i en nullhypotese for enhver uavhengig variabel. Denne nullhypotesen sier at det ikke er noen sammenheng mellom den uavhengige og den avhengige. Vi ønsker å forkaste denne nullhypotesen men trenger gode grunner for å gjøre det. Vi ønsker at sjansen for å forkaste en riktig nullhypotese skal være så liten som mulig. Vanligvis brukes en øvre grense på 5% eller 0,05. Dette kaller vi signifikansnivået. Om verdiene i kolonnen lengst til høyre i Tabell 1 merket med p-verdier er under 0,05 kan vi forkaste nullhypotesen. Vi kan si at p-verdiene måler sannsynligheten for feilaktig å forkaste nullhypotesen. De observerte resultatene fra modellberegningen sammenliknes med de utfall vi kan vente om forskjellene skyldes ren tilfeldig variasjon. Om avvikene er store blir t-verdiene i tabellen ovenfor større og p-verdiene mindre. Jo større avvik jo større signifikans. Med signifikans mener vi her signifikanssannsynligheten som er en empirisk eller beregnet størrelse i motsetning til signifikansnivået som er en teoretisk øvre grense for risikoen for feilaktig å forkaste en riktig nullhypotese. Signifikansnivået setter vi *før* analysen mens signifikanssannsynligheten er et *resultat* av analysen.

Lastebilene bruker omlag 0,14 liter pr mil ekstra i vintermånedene. Vi antar at et Volvo vogntog med 500 hestekrefter vil bruke 4,5 liter på mila om vi antar gjennomsnittsverdier på alle de andre uavhengige variablene. Et Volvo vogntog med 540 hestekrefter forventes å bruke 0,22 liter mer pr

¹ Målt med Adjusted R²

mil mens et Volvo vogntog med 700 hestekrefter forventes å bruke 0,66 liter mer pr mil. Dette forutsetter da at verdiene på de andre uavhengige variablene forblir uendret.

En semitrailer forventes å bruke 0,11 liter mindre pr mil enn et vogntog med samme antall hestekrefter. Vi kan også finne effekten av kombinasjoner av vogntog og semitrailer med ulikt antall hestekrefter. En Volvo *semitrailer* med 540 hestekrefter forventes å bruke $0,22 - 0,11 = 0,11$ liter mer pr mil enn et Volvo *vogntog* med 500 hestekrefter. Tilsvarende forventes en Volvo semitrailer med 700 hestekrefter å bruke $0,66 - 0,11 = 0,55$ liter mer pr mil enn et Volvo vogntog med 500 hestekrefter. Dersom begge lastebilene er en semitrailer er forventet forskjell i drivstofforbruk mellom den 0,66 liter pr mil.

Tabell 2 viser effekten av en økning i gjennomsnittsfart. Siden effekten ikke er lineær er det vanskeligere å sammenfatte effekten i ett tall. Vi viser derfor effekten under ulike forutsetninger om nivået på gjennomsnittsfarten. Vi ser av tabellen av effekten av en fartsøkning er størst når nivået er lavt i utgangspunktet. Effekten av å øke farten fra 30 til 40 km i timen er 1,9 ganger større enn effekten av å øke farten fra 40 til 50 kilometer i timen.

Den siste kolonnen i Tabell 2 viser effekten av fart om vi ikke tar med noen andre uavhengige variable i modellen. Denne kolonnen viser den totale effekten av gjennomsnittsfart mens effekten i den multivariate modellen er den direkte. Differansen mellom disse effektene er summen av de indirekte effektene av gjennomsnittsfart. Vi kjenner ikke konkret hvordan alle de indirekte effektene forplanter seg. Men vi kan lese av Tabell 2 at når farten er lav er den totale effekten større enn den direkte. Når farten øker vil etterhvert summen av de indirekte effektene bli negativ og den totale effekten er mindre enn den direkte. Dette illustrerer poenget ovenfor, økt fart gir økt bruk av andre uavhengige variable som bidrar ytterligere til å redusere drivstofforbruket.

Tabell 2 Estimert forbruk for ulike nivå på gjennomsnittsfart

| Gjennomsnittsfart i km pr time | Estimert forbruk pr mil fra modellen | Innsparing relativt til forrige fartsnivå | Innsparing relativt til 30 km i timen | Total effekt |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|--------------|
| 30 | 5,5 | 0,00 | 0,00 | 8,5 |
| 40 | 5,1 | -0,42 | -0,42 | 6,7 |
| 50 | 4,9 | -0,25 | -0,68 | 5,5 |
| 60 | 4,7 | -0,17 | -0,85 | 4,8 |
| 70 | 4,6 | -0,12 | -0,97 | 4,3 |
| 80 | 4,5 | -0,09 | -1,06 | 3,9 |

Dersom andelen av kjøretida som brukes til tomgangskjøring økes med 10 prosentpoeng antas forbruket av drivstoff å øke med 0,125 liter pr mil. Dersom andel av kjøretid med motorbelastning på mer enn 90% av maksimum dreiemoment øker med 10 prosentpoeng øker forbruket av drivstoff med 0,86 liter pr mil. Vi merkes oss at dette er en stor effekt sammenliknet med andre uavhengige variabler vi har sett på.

Tabell 3 viser effekten av prosentandel av kjøretida som brukes i høyeste gear. Siden denne effekten er invers framstiller vi den på samme måte som vi gjorde med gjennomsnittsfart. Effekten av en

Økning av andel av kjøretida i høyeste gear er størst når denne andelen er lav. Dette er igjen en effekt av infrastruktur og bratte stigninger, under slike forhold tvinges lastebilene til å bruke lave gear. Den totale effekten av andel av kjøretid i høyeste gear viser samme tendens som vi fant for gjennomsnittsfart, når andelen øker vil summen av de indirekte effektene bli negativ siden verdien flere andre uavhengige variable som også har en gunstig virkning på forbruket øker som en følge av økt kjøretid i høyeste gear.

Tabell 3 Effekt av andel av kjøretida som brukes i høyeste gear

| Andel av kjøretida som brukes i høyeste gear | Estimert drivstoffforbruk i liter pr mil | Innsparing relativt til forrige prosentandel | Innsparing relativt til 10% av kjøretida i høyeste gear | Total effekt |
|--|--|--|---|--------------|
| 10 % | 6,3 | 0,00 | 0,00 | 9,3 |
| 20 % | 5,3 | -1,03 | -1,03 | 6,4 |
| 30 % | 4,9 | -0,34 | -1,37 | 5,4 |
| 40 % | 4,7 | -0,17 | -1,55 | 4,9 |
| 50 % | 4,6 | -0,10 | -1,65 | 4,6 |
| 60 % | 4,6 | -0,07 | -1,72 | 4,4 |
| 70 % | 4,5 | -0,05 | -1,77 | 4,3 |
| 80 % | 4,5 | -0,04 | -1,80 | 4,2 |
| 90 % | 4,5 | -0,03 | -1,83 | 4,1 |

Dersom andel av kjøretida som brukes til utrulling økes med 10 prosentpoeng reduseres forbruket av drivstoff med 0,22 liter pr mil. En tilsvarende økning av kjøretida med høy vekt slik det er definert i Dynafleet vil bare øke forbruket med 0,02 liter pr mil. Denne effekten er liten, noe som antyder at vektkategoriene som brukes i Dynafleet ikke er presise nok til å måle effekten av lastevikt på forbruket.

Effekten av en økning i aktivering av bremseser per 100 km er positiv og signifikant men svak. Om bremsene aktiveres 10 ganger mer per 100 km vil forbruket øke med 0,01 liter pr mil. Vi har allerede nevnt at en 10 prosentpoengs økning i bruk av cruise kontroll vil redusere forbruket med 0,03 liter pr mil. En tilsvarende økning i andel av kjøretida som brukes med automatisk gear skift vil redusere forbruket med 0,07 liter pr mil. Vi minner om at alle disse effektene gjelder dersom verdiene på de andre uavhengige variablene forutsettes å være konstante.

Tabell 4 viser elastisitetene for de ulike uavhengige variablene. Regresjonskoeffisientene er ikke direkte sammenliknbare siden de uavhengige variablene er målt med ulike enheter. Gjennomsnittsfart måles i km per time mens bruk av cruise kontroll måles som andel av samlet kjøretid per dag. Elastisitetene er derimot direkte sammenliknbare siden alle endringer i de uavhengige variablene og alle effekter på den avhengige måles i prosenter. Høyere elastisitet betyr større innvirkning på forbruket. Tabellen viser at de viktigste uavhengige variablene er motorbelastning, gjennomsnittsfart, andel av kjøretid per dag med bruk av automatisk gear skift og andel av samlet kjøretid per dag brukt i høyeste gear, i denne rekkefølgen. Tre av de fire viktigste uavhengige variablene er variable vi har knyttet til infrastruktur og veistandard. Vi kan derfor

konkludere med at de viktigste tiltak for å redusere energibruk og utslipp fra lastebiler er å bygge bedre veier med mindre bratte stigninger.

Dette betyr ikke at kjøreatferden er irrelevant. Alle effekter av indikatorene for kjøreadferd er signifikante. Våre analyser viser at en endring i kjøreadferd som økning av bruk av cruise kontroll, økning av kjøretid med automatisk gear skift, mer utrulling og mindre tomgangskjøring vil ha en klar positiv effekt på drivstofforbruket. For den enkelte lastebileier er det derfor mye å hente på å justere kjøreadferd. For samfunnet vil en endring av kjøreadferd være utilstrekkelig til å hente ut de største gevinster uten at infrastrukturen samtidig endres.

Tabell 4 Elastisiteter

| | Gjennomsnitt | Elastisitet |
|-----------------------|--------------|-------------|
| Gjennomsnittsfart | 0,016 | 0,175 |
| Tomgang | 12,277 | 0,033 |
| Cruise kontroll | 5,370 | -0,004 |
| Automatisk gear skift | 93,523 | -0,145 |
| Motorbelastning | 14,395 | 0,266 |
| Bruk av høyeste gear | 0,021 | 0,093 |
| Utrulling | 9,238 | -0,043 |
| Høy vekt | 68,086 | 0,034 |
| Bremseteller | 73,598 | 0,013 |
| Motortype: D13C540 | 0,111 | 0,005 |
| Motortype: D16G700 | 0,162 | 0,023 |
| Vinter | 0,265 | 0,008 |
| Semitrailer | 0,839 | -0,020 |

Som vi allerede har vært inne på så har de uavhengige variablene både direkte og indirekte effekter på forbruk av drivstoff. Summen av disse effektene er den totale effekten av en uavhengig variabel. Tabell 5 viser de direkte og totale effektene av hver uavhengig variabel samt differansen mellom dem. Summen av de indirekte og spuriøse effekter utgjør differansen.

Tabell 5 Direkte og indirekte effekter

| | Direkte effekt | Total effekt | Differanse |
|-----------------------|----------------|--------------|------------|
| Tomgang | 0,012 | 0,016 | 0,004 |
| Cruise kontroll | -0,003 | -0,023 | -0,019 |
| Automatisk gear skift | -0,007 | -0,024 | -0,017 |
| Motorbelastning | 0,086 | 0,080 | -0,007 |
| Utrulling | -0,022 | 0,001 | 0,022 |
| Høy vekt | 0,002 | 0,016 | 0,014 |
| Bremseteller | 0,001 | 0,005 | 0,004 |
| Motortype: D13C540 | 0,215 | 0,164 | -0,051 |
| Motortype: D16G700 | 0,659 | 0,347 | -0,312 |
| Vinter | 0,136 | 0,221 | 0,085 |

| | | | |
|-------------|--------|--------|--------|
| Semitrailer | -0,112 | -0,339 | -0,227 |
|-------------|--------|--------|--------|

De uavhengige variablene gjennomsnittsfart og andel kjøretid i høyeste gear er ikke med i Tabell 5. Vi har referert til de direkte og totale effektene av disse variabelen i egne tabeller ovenfor.

Det mest interessante i Tabell 5 er kanskje effekten av utrulling. Denne variabelen har en veldig svak positiv *total* effekt men en veldig klar negativ *direkte* effekt. Med andre ord: Om vi ser på den totale effekten vil drivstofforbruket øke med mer utrulling. Den direkte effekten viser derimot klart det motsatte: Mer utrulling gir mindre forbruk som vi antar. Av disse effektene er det bare den direkte som er signifikant. Hvordan skal vi forklare dette avviket?

Vi vet ikke eksakt hvilke indirekte og spuriøse effekter som er inkludert i totaleffekten av utrulling. Men la oss gjøre noen betraktninger. Når lastebilen har høy motorbelastning i bratte stigninger er det selvsagt ingen utrulling. Vi kan altså si at mer motorbelastning gir mindre utrulling. Samtidig vil høyere motorbelastning selvsagt gi høyere forbruk av drivstoff. Den direkte effekten av utrulling er derimot negativ, det ser vi av den multivariate modellen. Siden motorbelastning påvirker utrulling samtidig som motorbelastning og utrulling har motsatt effekt på forbruk av drivstoff vil motorbelastning skyggelegge effekten av utrulling om vi ikke kontrollerer for den i en multivariat modell. Det vil virke som om utrulling ikke har noen effekt eller i verste fall en feil effekt fordi vi ikke tar hensyn til hvordan utrulling blir påvirket av motorbelastning. Det viktigste her er at motorbelastning har effekt *både* på utrulling *og* på forbruket.

I dette resonnementet er det viktig å huske på at de data vi analyserer er målt pr dag, ikke pr strekning. Større motorbelastning i stigninger og større utrulling etter stigningene vil begge forekomme på samme dagen. Dermed vil effektene av disse variablene skyggelegge hverandre om vi ikke kontrollerer for dem siden de har motsatt fortegn på drivstofforbruket. Dager med stor utrulling vil også ha stor motorbelastning på grunn av stigningene som gir utrulling.

Det finnes sannsynligvis andre tilsvarende effekter mellom utrulling og andre uavhengige variable. Gjennomsnittsfart kan påvirke utrulling. Gjennomsnittsfart og utrulling har effekter med samme fortegn på forbruket. Altså kan dette trekke i en annen retning enn motorbelastning. Kontrollerer vi ikke for motorbelastning vil det se ut som om utrulling har mindre effekt siden effektene av disse variablene har *motsatt* fortegn på forbruk. Kontrollerer vi ikke for gjennomsnittsfart kan det se ut som om utrulling har større effekt siden effektene av disse variablene har *samme* fortegn på forbruk.

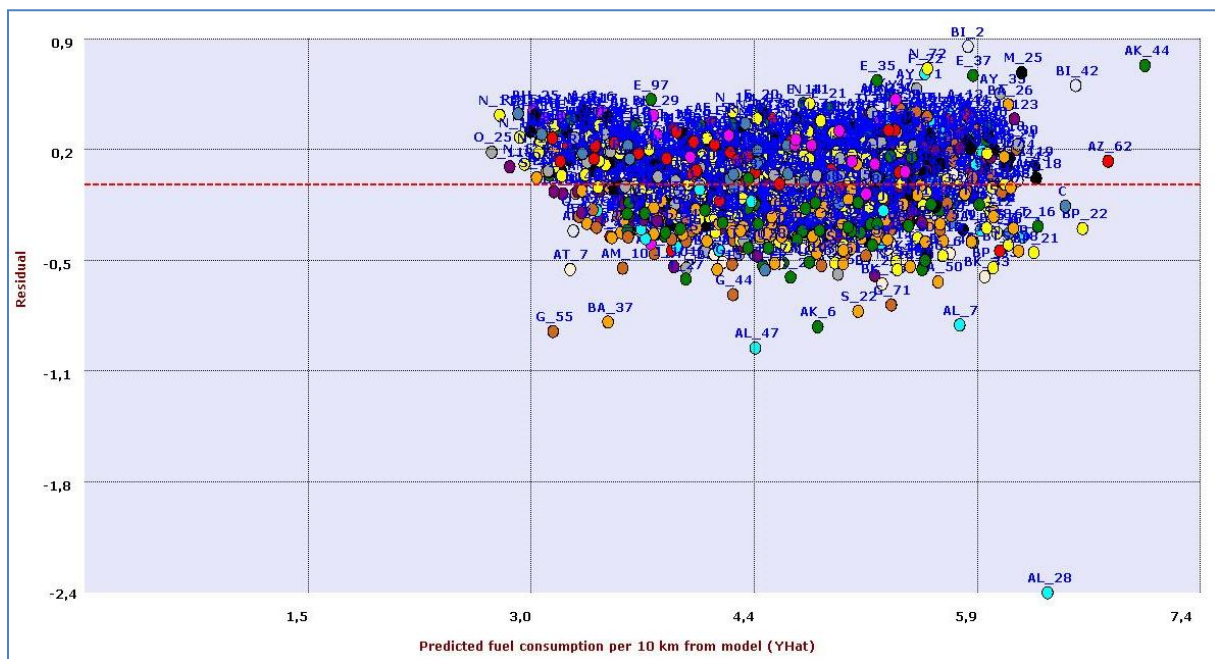
Har utrulling en effekt eller ikke? Hvilken effekt er det rett å bruke? Når forholdene er til stede for å bruke utrulling vil dette gi en innsparing i drivstofforbruk. Derfor er den direkte effekten den riktige å forholde seg til. Denne effekten kan kvantifisere hvor mye utrulling bidrar med når forholdene for bruk av utrulling er gunstige. Vi har kvantifisert denne effekten til ca 0,2 liter pr mil dersom andelen av kjøretida med utrulling øker med 10 prosentpoeng.

Figur 1 viser et residualplot. En residual er avviket mellom hva et lastebil faktisk bruker på en dag og det forbruket modellen regner ut for den samme dagen gitt verdier på de uavhengige variablene. Om vi tar koeffisientene fra Tabell 1 og multipliserer hver av dem med en lastebils faktiske verdi på de uavhengige variablene vil vi få det beregnede forbruk for lastebilen denne dagen. Avviket mellom faktisk og beregnet kaller vi en residual.

Om en multivariat modell er korrekt formulert skal residualene fordele seg tilfeldig i Figur 1. Om vi ser en trend eller et mønster kan det være tegn på at modellen er feil spesifisert. Slike mønstre kan være at residualene viser en bestemt geometrisk figur, for eksempel en bue eller en vifte. Det kan også være at residualene blir større etterhvert som verdien på X-aksen øker. Residualene kan også komme i serier, etter en lang rekke residualer som ligger over gjennomsnittet vil det komme en lang rekke som ligger under. Gjennomsnittet av residualene vil alltid være null, dette er rett og slett en matematisk konstruksjon.

Vi vil hevde at det ikke er noen klare trender eller mønstre i Figur 1. Det finnes ikke en enkelt test som kan avgjøre dette, vi må bruke visuell inspeksjon for å avgjøre om vi mener forutsetninger om residualene holder. Det kan hevdes at det er en svak tendens til at residualene kommer i en bueform, det vil i så fall være et tegn på at effekten av noen av de uavhengige variablene burde vært formulert som annengradspolynom. Da burde vi brukt kvadratet av verdien på disse uavhengige variablene i modellen. Det dreier seg altså om vi har gitt modellen en korrekt matematisk utforming. Vi vil igjen hevde at denne tendensen ikke er sterk nok til å svekke forutsetningene vi har gjort for den multivariate modellen.

Figur 1 Residualplot



Analyse av egne vekt-data med ruteidentifisering

Vi skal i denne delen se på en egen analyse vi har gjort av sammenhengen mellom lastevekt og drivstofforbruk på grunnlag av data vi har hentet inn fra fraktselskapet. I denne analysen har vi altså koplet sammen data fra fraktselskapet med forbruksdata fra Dynafleet. Dette er gjort ved å bruke tracking-rapporten i Dynafleet sammen med opplysninger om det enkelte oppdrag fra fraktselskapet. Poenget med analysen er å få en bedre forståelse av hva lastevekt betyr for forbruk av drivstoff. Vi har tidligere pekt på at variabelen vekt er upresis i Dynafleet siden den også omfatter lastebilens egenvekt og siden grensen for å havne i kategorien høy vekt er satt for lav.

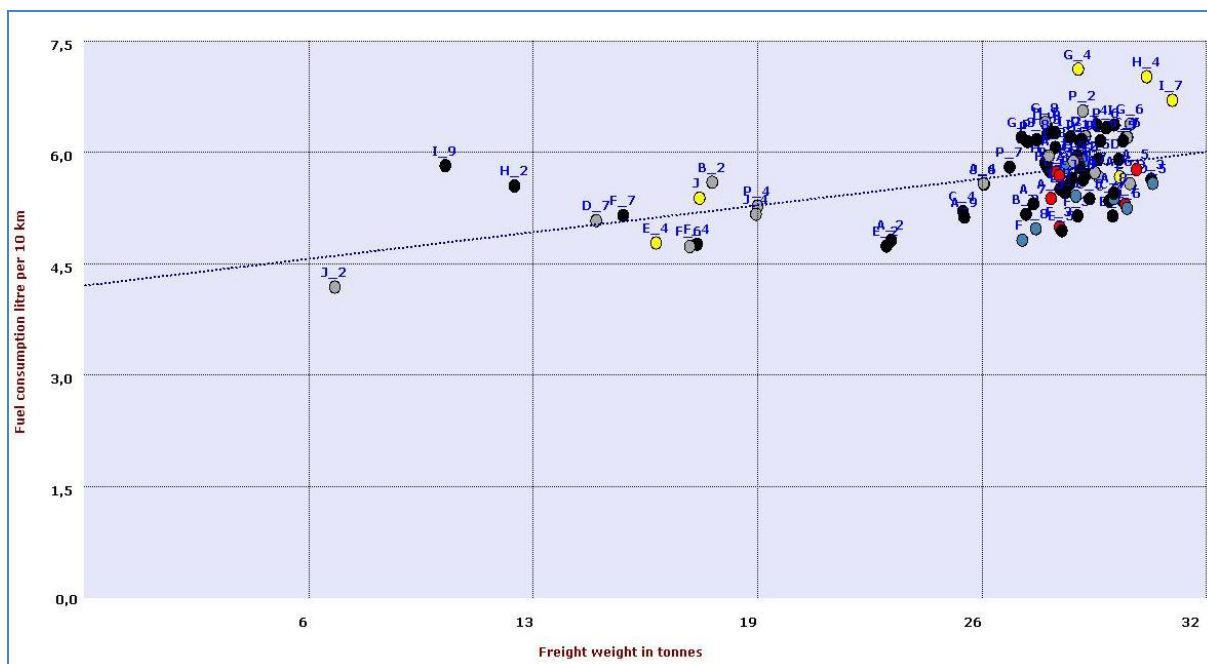
I denne analysen har vi også tatt hensyn til ruten lastebilen skal tilbakelegge. Det kan hevdes å være en svakhet ved modellen ovenfor at den ikke tar hensyn til hvor lastebilene kjører siden vi ikke har denne informasjonen pr dag. Om noen lastebiler konsekvent bruker noen ruter framfor andre kan dette være en feilkilde. Vi har forutsatt i modellen ovenfor at fordeling av ruter på lastebil er tilfeldig fordelt, med andre ord at hvert lastebil har den samme sannsynlighet for å kjøre en bestemt rute.

Vi har samlet inn data for 88 oppdrag fra fraktselskapet. Alle registreringene er gjort i desember 2011. For hvert oppdrag kjenner vi last og lokalisering for første levering. For hvert av oppdragene har vi funnet tilsvarende registrering i Dynafleet og koplet forbruk av drivstoff for strekningen med opplysninger om last fra fraktselskapet. Det er viktig å være klar over at de uavhengige variablene vi har brukt ovenfor registreres pr dag i oversiktsrapportene i Dynafleet. Det er således en forskjell på data pr dag og data pr oppdrag. Siden vi i dette avsnittet konsentrerer oss om data pr oppdrag har vi ikke opplysninger om bruk av cruise kontroll, andel kjøretid i høyeste gear osv. som vi har brukt ovenfor. Disse indikatorene registreres bare per dag i Dynafleet.

Figur 2 viser forbruk av drivstoff mot lastevekt for oppdragene. Alle oppdrag starter i Sogndal. Alle data er dokumentert i den engelske hovedrapporten vi refererte til innledningsvis.

Figuren viser naturlig nok en klar sammenheng mellom lastevekt og forbruk. Hvert enkelt oppdrag er også identifisert med en fargekode som identifiserer hvor første leveringssted er plassert geografisk. Vi har definert kategoriene Østlandet, Møre og Romsdal, Sørlandet, Trøndelag og Vestlandet. Den siste kategorien omfatter Sogn og Fjordane og Hordaland med Bergen. Hver av kategoriene definerer en egen rute som lastebilene må kjøre for å nå leveringssted for første levering. Hypotesen er at forbruket av drivstoff kan variere med hvor første leveringssted er lokalisert. For å komme til Østlandet må lastebilene over en fjellovergang. For å komme til Møre og Romsdal må lastebilene bruke svingete veier med mye variasjon i stigning selv om ruten ikke omfatter en fjellovergang. På Sørlandet er terrenget flatere med bedre infrastruktur, noe som antas å påvirke forbruket. Vi minner også om at oppdragene er utført i en vintermåned. Dette kan påvirke forbruket av drivstoff. Ideelt burde vi ha tilsvarende data for et helt år for å kontrollere for sesong-variasjoner.

Figur 2 Forbruk av drivstoff vs lastevekt fordelt på lokalisering av første leveringssted



Figur 3 viser fargekodene som er brukt. Ved hjelp av fargekodene kan vi danne oss ett inntrykk av om forbruket varierer med lokalisering av første leveringssted når vi tar hensyn til forskjeller i last. Hvis dette er tilfelle vil noen fargekoder skille seg ut fra de andre. Dette kan vi teste videre i en regresjonsmodell hvor drivstofforbruk er avhengig variabel og last er uavhengig. I modellen tar vi også med en dummy-variabel for hvert leveringssted. Konstantleddet i modellen måler gjennomsnittlig forbruk for levering innen Vestlandet. Effekten av dummy-variablene for de andre lokaliseringene måler derfor endring i drivstofforbruk relativt til levering på Vestlandet.

Tabell 6 viser resultatet av beregning av denne regresjonsmodellen. Modellen forklarer 36% av variasjonen i drivstofforbruket². Tabellen viser at lastvekt har en klar effekt når vi kontrollerer for lokalisering av første leveringssted. Dersom lastvekten øker med 10 tonn øker forventet gjennomsnittlig forbruk med 0,66 liter. Det er to lokaliseringer som peker seg ut med signifikant lavere forbruk enn forbruket på Vestlandet. Disse er Sørlandet og Trøndelag. En lastebil som kjører med en gitt vekt fra Sogndal til Sørlandet bruker nesten eksakt 0,5 liter mindre pr mil enn om tilsvarende last fraktes fra Sogndal til et leveringssted på Vestlandet. Dersom lasten fraktes til Trøndelag vil forbruket være 0,43 liter mindre pr mil sammenliknet med Vestlandet.

Figur 3 Fargekode for lokalisering av første leveringssted



² Målt med Adjusted R²

Tabell 6 Regresjonsmodell med lastevekt og første leveringssted

| | Regresjons- koeffisienter | Standard error | t-Stat | P-verdi |
|-----------------|------------------------------|-------------------|-------------|------------|
| Konstantledd | 4,06408753 | 0,26575415 | 15,2926588 | 9,862E-26 |
| Lastevekt | 0,06635472 | 0,00998984 | 6,64221784 | 3,1405E-09 |
| Østlandet | -0,14289347 | 0,11813569 | -1,20957073 | 0,22991937 |
| Møre og Romsdal | 0,33708988 | 0,20293741 | 1,66105345 | 0,1005218 |
| Trøndelag | -0,4320809 | 0,19480094 | -2,21806371 | 0,02931591 |
| Sørlandet | -0,50223128 | 0,17886169 | -2,80793095 | 0,00622952 |

Det er også mindre forbruk av drivstoff om lasten fraktes til Østlandet enn om lasten leveres innen Vestlandet, men denne effekten er ikke signifikant med vårt datagrunnlag. Om lasten fraktes til Møre og Romsdal vil forbruket øke sammenliknet med Vestlandet, men heller ikke denne effekten er signifikant. Vi minner om at i slike sammenlikner tar vi hele tiden utgangspunkt i en last med en bestemt vekt. Vi har med andre ord kontrollert for forskjeller i lastevekt for de ulike leveringssted. Det kan tenkes at noen effekter ikke er signifikant siden vi har et relativt begrenset datamateriale. Et bredere datagrunnlag samlet inn over lengre tid vil gi mer robuste resultat.

Konklusjonen på denne analysen må bli at lastevekt har en effekt på forbruk. Denne sammenhengen er nokså åpenbar. Vi har også vist at lokalisering av første leveringssted for lasten har en effekt. Denne effekten understreker konklusjonen som vi også har trukket ovenfor med et annet datagrunnlag: Infrastruktur og veistandard har betydning for forbruket.

Utslipp

I denne analysen skal vi se på tre typer utslipp:

- Utslipp av klimagasser i form av CO₂ og CO₂-ekvivalenter.
- Utslipp av svoveldioksid-ekvivalenter eller SO₂-ekvivalenter.
- Utslipp av TOPP-ekvivalenter.

CO₂ er den viktigste klimagassen. CO₂-ekvivalenter måler utslipp av et sett med klimagasser hvor hver enkelt klimagass er regnet om til ekvivalente utslipp av gassen CO₂ over en gitt tidsperiode³. Med ekvivalente utslipp mener vi hvor mye CO₂ som må slippes ut for å ha samme potensielle effekt på global oppvarming som den aktuelle gassen vi måler CO₂ mot. En enhet metan (CH₄) har f.eks. 21 ganger større påvirkning på den globale oppvarming enn CO₂ over en nedbrytingsperiode på 100 år. Dermed kreves det 21 ganger så mye utslipp av CO₂ for å utligne utslipp av en enhet metan. Gassene som inngår i indikatoren CO₂-ekvivalenter er CO₂, CH₄ (metan), N₂O (lystgass), perfluorkarboner (PFC), hydrofluorkarboner (HFC) og svovel-hexafluorid (SF₆).

Vi har brukt en utslippsfaktor som tilsvarer 2,668 kg CO₂ pr liter diesel⁴. Når det gjelder utslippsfaktorer for CO₂-ekvivalenter har vi brukt faktorer fra et større prosjekt gjennomført på

³ Se Simonsen, M (2010): *Transport, energi og miljø*. <http://vfp1.vestforsk.no/sip/pdf/Felles/Sluttrapport.pdf>

⁴ Se Toutain, J.E.W, Taarneby, G., Selvig, E.(2008): *Energibruk og utslipp til luft fra innenlandsk transport*, Tabell 2.1 side 15 og Tabell 2.6 side 19, http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_200849/rapp_200849.pdf

Vestlandsforskning i 2010⁵. Faktorene måler utslipp pr vogn-km og gjelder for lastebiler tyngre enn 11 tonn, eksklusive lastebilens egenvekt. Faktorene er hentet fra SSB⁶. Siden et vogntog kan frakte last opptil 30 tonn kan faktorene variere noe fra de som benyttes her. Når det gjelder utslipp av bare CO₂ vil dette være mer eksakt siden vi regner om til utslipp pr vogn-km fra det eksakte drivstofforbruket. Faktorene for CO₂-ekvivalenter beregnes på den andre siden ut fra et gjennomsnittlig drivstofforbruk pr vogn-km for alle lastebiler med over 11 tonn nyttelast.

En SO₂-ekvivalent er et mål på forsureningspotensiale til et sett med kjemiske komponenter. Komponentene er regnet om til SO₂-verdier etter deres bidrag til forsurening relativt til SO₂. Komponentene som måles er SO₂, NO_x, HCl (saltsyre), HF (hydrogenfluorid), NH₃ (amoniakk) og H₂S (hydrogensulfid). Jo større ekvivalentverdi, jo større er surhetsgraden i utslippene fra lastebilene. Utslippsfaktoren for SO₂-ekvivalenter er målt pr vogn-km.

TOPP-ekvivalent er et mål for dannelse av bakkenært ozon. Ekvivalentverdien består av et sett med komponenter som er veid i forhold til hverandre etter deres bidrag til bakkenær ozondannelse. Komponentene er CO (karbon monoksid), NMVOC, NO_x og CH₄ (metan). Jo større ekvivalentverdi, jo større er bidraget til bakkenær ozondannelse. Utslippsfaktoren for TOPP-ekvivalenter er målt pr vogn-km.

Faktorene for SO₂-ekvivalenter og TOPP-ekvivalenter er hentet fra den tyske LCA-databasen ProBas⁷.

Tabell 7 viser utslippsfaktorer som brukes i den videre analysen. Effekten av de ulike uavhengige variablene i analysemodellen er oppgitt som endring i forbruk av diesel i liter pr mil som følge av en gitt økning i verdien på den uavhengige variabelen. Vi har regnet regner faktorene om til utslipp pr liter diesel for å bruke dem i den videre analysen. Forbruk i MJ per vogn-km er hentet fra Vestlandsforskning sin rapport og gjelder for lastebiler med nyttelast over 11 tonn. Til sammenlikning er gjennomsnittlig forbruk for lastebilene som brukes av Lerum Frakt omlag 4,6 liter pr mil som tilsvarer omlag 16,7 MJ per vogn-km⁸. Gjennomsnittsforbruket for lastebiler med nyttelast over 11 tonn er dermed lavere enn gjennomsnittsforbruket for lastebilene som brukes av Lerum Frakt. Dette skyldes at lastebilene som brukes av Lerum Frakt er større enn de lastebiler som utgjør lastebilgruppen SSB opererer med.

Likning 1 viser hvordan vi regner om fra MJ per vogn-km til liter diesel pr vogn-km. Det er 36,2 MJ i en liter diesel, vi bruker den inverse av dette i andre ledd på høyre side av likhetstegnet i Likning 1. Likning 2 viser hvordan vi regner om fra gram pr vogn-km og liter pr vogn-km til utslippsfaktorer pr liter diesel. Vi benytter deretter utslippsfaktorene pr liter diesel til å beregne utslippseffektene av de uavhengige variabelenes effekt på drivstofforbruket fra regresjonsmodellen ovenfor.

Likning 1 Omregning til liter pr vogn-km

$$\frac{\text{liter}}{\text{vogn} - \text{km}} = \frac{\text{MJ}}{\text{vognkm}} * \frac{\text{liter}}{\text{MJ}}$$

⁵ Simonsen (2010), Tabell 74, side 62.

⁶ Toutain et al. (2008), Tabell 2.39, side 36.

⁷ <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>

⁸ Det er 36,2 MJ per liter diesel siden det er 43,1 MJ pr kg med en tetthet på 0,84 kg per liter. Se Toutain et al. (2008), Tabell 2.1 side 15,

http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_200849/rapp_200849.pdf

Likning 2 Omregning til utslippsfaktor pr liter diesel

$$\frac{\text{gram}}{\text{liter}} = \frac{\text{gram}}{\text{vogn - km}} * \left(\frac{1}{\frac{\text{liter}}{\text{vogn - km}}} \right)$$

Tabell 7 Utslippsfaktorer

| Utslippsfaktorer | gram per vogn-km | MJ per vogn-km | liter per vogn-km | gram per liter |
|-------------------------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| CO ₂ | | | | 2662,8 |
| CO ₂ -ekvivalenter | 813,2 | 10,9 | 0,30 | 2702,8 |
| SO ₂ -ekvivalenter | 5,15 | 10,9 | 0,30 | 17,1 |
| TOPP-ekvivalenter | 8,25 | 10,9 | 0,30 | 27,4 |

Tabell 8 viser effekten av en endring i de uavhengige variablene som er benyttet i den multivariate modellen. La oss ta et eksempel. En økning i motorbelastning med 10 prosentpoeng vil øke forbruket med 0,86 liter pr mil eller 0,086 liter pr vogn-km antatt konstante verdier på alle andre uavhengige variable. Dette tilsvarer en økning på 229 gram CO₂ per vogn-km og en økning i 232,4 gram CO₂-ekvivalenter per vogn-km. Merk at vi bruker endring i liter pr km for utslippseffekter og ikke liter pr mil slik vi gjorde for energibruken. Tilsvarende er det en økning på 1,47 gram SO₂-ekvivalenter pr vogn-km og en økning i 2,36 gram TOPP-ekvivalenter pr vogn-km fra den samme endring i den uavhengige variabelen motorbelastning. På denne måten beregner vi utslippseffekter pr vogn-km for en uavhengig variabel som en direkte funksjon av denne variabelens effekt på drivstofforbruket.

Det må presiseres at en økning i 10 prosentpoeng av samlet kjøretid med en motorbelastning på over 90% av maksimalt dreiemoment er en stor økning siden gjennomsnittet er 12,4%. Vi har likevel valgt å synliggjøre effektene ved å anta samme endring for alle de uavhengige variablene som beregnes i forhold til samlet kjøretid per dag slik at effektene er lettere å sammenlikne.

Tabell 8 Utslippseffekter i multivariat regresjonsmodell. Gram per vogn-km.

| | Økning | Enhet | Effekt liter pr mil | Effekt utslipp i gram per vogn-km | | | |
|-----------------------------------|--------|--------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| | | | | CO ₂ | CO ₂ ekvivalenter | SO ₂ ekvivalenter | TOPP ekvivalenter |
| Gjennomsnittsfart [#] | 30 | km/timen | -0,42 | -111,8 | -113,5 | -0,72 | -1,15 |
| Tomgang | 10 | prosentpoeng | 0,125 | 33,3 | 33,8 | 0,21 | 0,34 |
| Cruise kontroll | 10 | prosentpoeng | -0,03 | -8,0 | -8,1 | -0,05 | -0,08 |
| Automatisk gear skift | 10 | prosentpoeng | -0,07 | -18,6 | -18,9 | -0,12 | -0,19 |
| Motorbelastning | 10 | prosentpoeng | 0,86 | 229,0 | 232,4 | 1,47 | 2,36 |
| Bruk av høyeste gear [§] | 10 | prosentpoeng | -0,07 | -18,6 | -18,9 | -0,12 | -0,19 |
| Utrulling | 10 | prosentpoeng | -0,22 | -58,6 | -59,5 | -0,38 | -0,60 |
| Høy vekt | 10 | prosentpoeng | 0,02 | 5,3 | 5,4 | 0,03 | 0,05 |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|----|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bremseteller | 10 | ganger per 100 km | 0,01 | 2,7 | 2,7 | 0,02 | 0,03 |
| Motorstype: D13C540 ^{&} | | | 0,22 | 58,6 | 59,5 | 0,38 | 0,60 |
| Motorstype: D16G700 ^{&} | | | 0,66 | 175,7 | 178,4 | 1,13 | 1,81 |
| Vinter | | | 0,14 | 37,3 | 37,8 | 0,24 | 0,38 |
| Semitrailer [%] | | | -0,11 | -29,3 | -29,7 | -0,19 | -0,30 |

[#] Effekten av gjennomsnittsfart er målt fra 30 til 40 km i timen.

[§] Effekt av tid i høyeste gear er målt med en økning fra 50 til 60 prosent. Gjennomsnittet og median er begge omlag 51%.

[&] Effekten av motor typer er målt i forhold til motortypen med 500 hestekrefter.

[%] Effekten av semitrailer er målt i forhold til vogntog.

Vi ser også av tabellen at utslipp av CO₂ i vintermånedene er 37,3 gram høyere per vogn-km. Videre vil et vogntog med 700 hestekrefter ha et utslipp av CO₂ som er nesten 176 gram høyere per vogn-km enn et vogntog med 500 hestekrefter. Om lastebilene har maksimal last med 30 tonn vil utslippet være 5,9 gram høyere pr *tonn-km* for lastebilen med flest hestekrefter. En semitrailer har et utslipp av CO₂ som er 29,3 gram lavere pr vogn-km enn et vogntog med samme antall hestekrefter.

Tabell 9 viser endring i tonn utslipp med antatt kjørelengde på 100 000 km for en lastebil. Dersom for eksempel bruk av tomgangskjøring øker med 10 prosentpoeng hver dag vil de totale CO₂-utslipp for lastebilen øke med 3,4 tonn. Tilsvarende vil en *reduksjon* i tomgangskjøring med 10 prosentpoeng hver dag redusere de totale utslipp med samme mengde. Vi merker oss også at en lastebil med 700 hestekrefter over et helt år med antatt kjørelengde på 100 000 km vil slippe ut 17,6 tonn mer CO₂ enn en lastebil med 500 hestekrefter antatt konstante verdier på alle andre uavhengige variable i modellen. Effekten er den samme for vogntog og semitrailer så lenge de sammenliknes mot samme type.

Tabell 9 Utslippseffekter av uavhengige variable i multivariat modell. Tonn med antatt kjørelengde 100 000 km per år.

| | Økning | Enhet | Effekt utslipp i tonn | | | |
|-----------------------|--------|-------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | | | CO2 | CO2 ekvivalenter | SO2 ekvivalenter | TOPP ekvivalenter |
| Gjennomsnittsfart | 30 | km/timen | -11,2 | -11,4 | -0,072 | -0,115 |
| Tomgang | 10 | prosentpoeng | 3,3 | 3,4 | 0,021 | 0,034 |
| Cruise kontroll | 10 | prosentpoeng | -0,8 | -0,8 | -0,005 | -0,008 |
| Automatisk gear skift | 10 | prosentpoeng | -1,9 | -1,9 | -0,012 | -0,019 |
| Motorbelastning | 10 | prosentpoeng | 22,9 | 23,2 | 0,147 | 0,236 |
| Bruk av høyeste gear | 10 | prosentpoeng | -1,9 | -1,9 | -0,012 | -0,019 |
| Utrulling | 10 | prosentpoeng | -5,9 | -5,9 | -0,038 | -0,060 |
| Høy vekt | 10 | prosentpoeng | 0,5 | 0,5 | 0,003 | 0,005 |
| Bremseteller | 10 | ganger per 100 km | 0,3 | 0,3 | 0,002 | 0,003 |
| Motorstype: D13C540 | | | 5,9 | 5,9 | 0,038 | 0,060 |
| Motorstype: D16G700 | | | 17,6 | 17,8 | 0,113 | 0,181 |
| Vinter | | | 3,7 | 3,8 | 0,024 | 0,038 |

| | | | | | | |
|-------------|--|--|------|------|--------|--------|
| Semitrailer | | | -2,9 | -3,0 | -0,019 | -0,030 |
|-------------|--|--|------|------|--------|--------|

Institusjonelle barrierer

Hva er de viktigste institusjonelle barrierer for å få til en energieffektivisering? Vi har delt de uavhengige variablene inn i to faktorer. Den ene faktoren antar vi måler effekten av infrastruktur og terreng. Sjåførene kan ikke bare bestemme gjennomsnittsfart eller motorbelastning. Det er egenskaper ved veien, terrenget og værforhold som ofte setter grenser for hvor mye fart det kan kjøres med eller hvor stor motorbelastning som er nødvendig. Den andre faktoren antar vi måler effekten av kjøreadferd. Sjåførene kan påvirke hvor mye cruise kontroll, utrulling eller automatisk gear skift som benyttes selv om veiforhold og terreng er vanskelig.

Analysene viser at infrastruktur og veiforhold er den faktoren som har den største effekten på energibruken. Veistandarden er derfor den viktigste institusjonelle barrieren for redusert energibruk og utslipp. Bygging av nye veier og økt vedlikehold av eksisterende veier vil være et viktig bidrag for å redusere miljøvirkningene av godstransport. Dette gjelder særlig der hvor tunneler kan erstatte bratte stigninger. Økt veibyggning kan selvsagt også øke mobiliteten for personbiler. Det kan også flytte gods fra jernbane til vei. Begge disse effektene vil i så fall redusere effekten av redusert energibruk og utslipp fra godstransport med lastebil.

Analysen viser også at endringer i kjøreatferd vil ha betydninger selv om infrastrukturen ikke endres. Mer bruk av cruise kontroll og automatisk gear skift, mer bruk av utrulling og mindre bruk av tomgangskjøring vil redusere energibruk og utslipp betydelig. Viktige institusjonelle barrierer kan derfor være innhold i kjøreopplæring og fokus på energibruk i transportselskapene. Det siste kan blant annet dreie seg om jevnlig kurs i optimal kjøreatferd eller informasjon om betydningen av ulike kjøremønstre. Som et ledd i prosjektet ble det gjennomført et kurs i energieffektiv kjøreadferd 17 og 18 juni 2011. Vi skal se nærmere på effektene av dette kurset.

Effekt av kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

Seks sjåfører deltok på kurset i energieffektiv kjøring. Vi har målt effekten av kurset på flere av indikatorene som brukes i analysen som presenteres i denne rapporten. For hver indikator ble bruken av den, for eksempel bruk av cruise kontroll, registrert før og etter kurset. Det ble deretter foretatt en t-test for utvalg med antatt ulike varianser av fordelingen før og etter. Vi har valgt denne testen siden vi har et varierende antall dager pr sjåfør før og etter kurset. Dette fører ventelig til at variansen i bruken av indikatorene er ulik pr sjåfør i de to periodene.

For hver sjåfør finner vi gjennomsnittet for bruken av en indikator før og etter kurset. Ved hjelp av en t-test for utvalg med antatt ulike varianser tester vi om forskjellen mellom de to gjennomsnitt er signifikant. Med signifikant mener vi at forskjellen mellom gjennomsnittene er større enn det vi kan forvente ut fra ren tilfeldig variasjon. Forskjellen måler vi med t-verdier. Kolonnen med p-verdier i tabellene under viser sannsynligheten for å få en observert t-verdi lik eller større enn den observerte gitt at forskjellene i bruk av indikatoren egentlig skyldes ren tilfeldig variasjon. Jo større t-verdi jo mindre p-verdi og jo mindre er sannsynligheten for at forskjellen skal oppstå tilfeldig. Vi bruker et signifikansnivå på 5% eller 0,05 som betyr at for alle p-verdier lik eller mindre enn denne verdien

antar vi at forskjellene ikke skyldes ren tilfeldig variasjon, men at det er systematiske forskjeller i bruk av den aktuelle indikator som følge av sjåførkursen.

Det må understrekes at noen av sjåførene som deltok på kurset har sluttet som sjåfører i Lerum Frakt. Derfor vil perioden etter at kurset ble gjennomført variere for hver sjåfører.

Tabell 10 Effekter på bruk av cruise kontroll for sjåfører som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfører | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell |
|----------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|
| AK | 2,9 | 4,1 | 1,2 | 0,86 | 71 | 0,3912 | |
| AY | 9,7 | 5,9 | -3,7 | -0,89 | 46 | 0,3787 | |
| BA | 11,0 | 25,6 | 14,6 | 4,28 | 69 | 0,0001 | * |
| E | 2,0 | 3,5 | 1,5 | 1,92 | 105 | 0,0572 | |
| L | 0,3 | 5,9 | 5,6 | 2,69 | 33 | 0,0112 | * |
| M | 0,6 | 2,6 | 2,0 | 3,30 | 90 | 0,0014 | * |

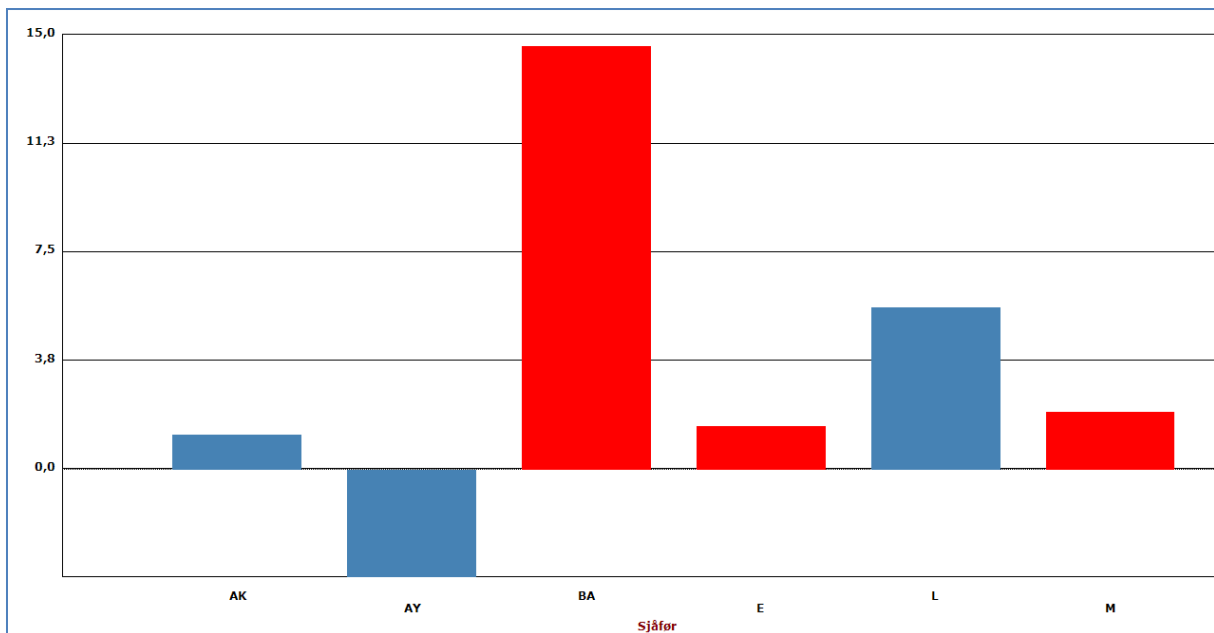
Tabell 10 viser effekten på bruk av cruise kontroll for sjåfører som deltok på kurset sommeren 2011. Forskjellen i gjennomsnitt er målt som etter-gjennomsnitt minus før-gjennomsnitt. En positiv differanse betyr dermed en økning i bruken av indikatoren. Signifikante effekter i tabellen er merket med stjerne. Tabellen viser at tre av seks sjåfører brukte signifikant mer cruise kontroll etter kurset.

Tabell 11 viser endringer i drivstofforbruk for sjåfører som deltok på kurset. Effekten på forbruket er målt på samme måte som for cruise kontroll. Tabellen viser at fire sjåfører har et signifikant forskjellig forbruk etter kurset. En av disse sjåførene har et signifikant *høyere* forbruk mens de tre andre har *redusert* energibruken etter kurset. For de sjåførene som har redusert forbruk av drivstoff signifikant ligger endringen på omlag 0,3 til 0,4 liter pr mil. Denne endringen skyldes selvsagt ikke bare bruk av cruise kontroll men endring i bruk av denne indikatoren kan likevel være en del av forklaringen siden to av sjåførene som har endret sin bruk av cruise kontroll signifikant også har signifikant lavere forbruk.

Tabell 11 Effekter på drivstofforbruk for sjåfører som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfører | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell |
|----------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|
| AK | 5,0 | 4,8 | -0,1 | -0,91 | 87 | 0,3635 | |
| AY | 4,7 | 5,1 | 0,4 | 2,09 | 52 | 0,0415 | * |
| BA | 4,9 | 4,5 | -0,4 | -2,31 | 70 | 0,0239 | * |
| E | 4,9 | 4,6 | -0,3 | -2,05 | 99 | 0,0432 | * |
| L | 4,3 | 4,2 | -0,1 | -0,54 | 18 | 0,5980 | |
| M | 4,8 | 4,3 | -0,4 | -3,49 | 162 | 0,0006 | * |

Figur 4 Endring i bruk av cruise kontroll vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs



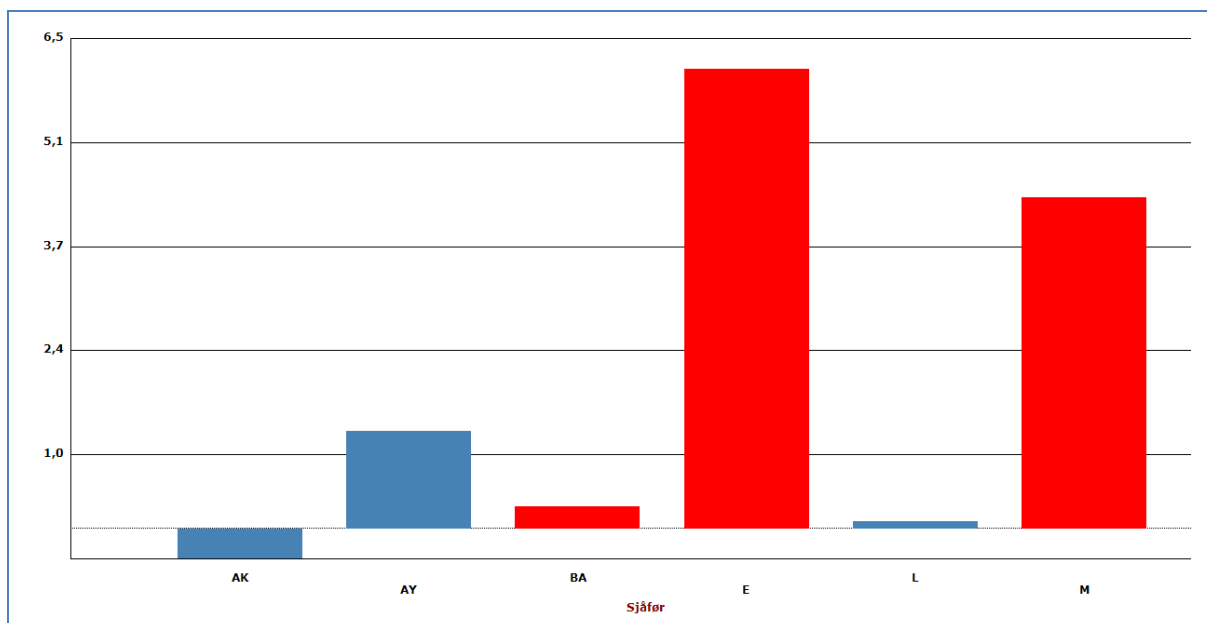
Figur 4 oppsummerer denne gjennomgangen. De røde søylene representerer sjåførere som har signifikant lavere drivstofforbruk etter kurset. Størrelsen på søylene (y-aksen) viser endring i bruk av cruise kontroll. En positiv endring betyr at bruken av cruise kontroll har økt etter kurset mens en negativ verdi betyr at bruken av cruise kontroll har blitt mindre. Figuren viser at fire sjåførere økte sin bruk av cruise kontroll mens tre av disse også reduserte forbruket signifikant. For den ene av sjåførene med rød søyle er ikke endring i bruk av cruise kontroll signifikant.

Tabell 12 viser endring i bruk av automatisk gear skift for sjåførere som deltok på kurset. Tabellen viser at tre av seks sjåførere har endret bruken signifikant. Alle disse tre sjåførene har signifikant lavere forbruk av drivstoff etter kurset.

Tabell 12 Effekter på bruk av automatisk gear skift for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfør | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell | Innsparing liter pr mil |
|--------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|-------------------------|
| AK | 98,8 | 98,4 | -0,4 | -0,95 | 88 | 0,345 | | -0,1 |
| AY | 98,5 | 99,8 | 1,3 | 1,84 | 27 | 0,076 | | 0,4 |
| BA | 99,6 | 99,9 | 0,3 | 2,20 | 45 | 0,033 | * | -0,4 |
| E | 90,4 | 96,5 | 6,1 | 4,84 | 72 | 0,000 | * | -0,3 |
| L | 99,9 | 100,0 | 0,1 | 1,16 | 12 | 0,268 | | -0,1 |
| M | 88,5 | 92,9 | 4,4 | 3,53 | 170 | 0,001 | * | -0,4 |

Figur 5 Endring i bruk av automatisk gear skift vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs



Figur 5 viser endring i bruk av automatisk gear skift på samme måte som for cruise kontroll. De røde søylene er de sjåførene som har signifikant lavere forbruk av drivstoff etter kurset. Figuren viser klart at av disse har alle økt bruken av automatisk gear skift. For to av dem er økningen betydelig større enn for den andre sjåførene.

Tabell 13 Effekter på gjennomsnittsfart for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfør | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell |
|--------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|
| AK | 60,0 | 61,6 | 1,6 | 1,46 | 73 | 0,1489 | |
| AY | 64,5 | 61,8 | -2,7 | -1,55 | 59 | 0,1253 | |
| BA | 63,5 | 62,8 | -0,7 | -0,63 | 71 | 0,5315 | |
| E | 64,1 | 63,0 | -1,1 | -1,37 | 120 | 0,1729 | |
| L | 59,6 | 61,8 | 2,1 | 0,91 | 22 | 0,3738 | |
| M | 64,0 | 63,6 | -0,4 | -0,57 | 164 | 0,5689 | |

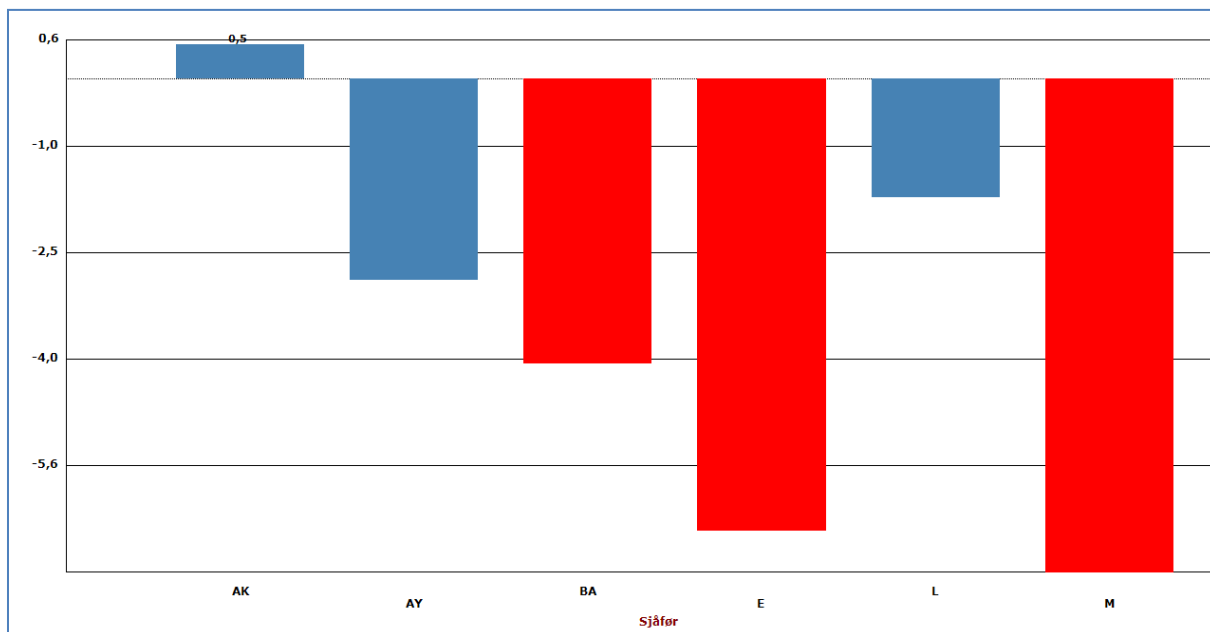
Tabell 13 viser endring i gjennomsnittsfart for sjåførere som deltok på kurset. Tabellen viser at ingen av sjåførene har en signifikant endring i gjennomsnittsfarten. Dette rimer godt med våre antakelser om at farten er en indikator for infrastruktur og terreng mer enn en indikator for kjøreadferd. Siden ingen har en signifikant endring i gjennomsnittsfart analyserer vi ikke endring i denne indikatoren i forhold til endring i drivstofforbruk.

Tabell 14 Effekter på tomgangskjøring for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfør | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell | Innsparing liter pr mil |
|--------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|-------------------------|
| AK | 17,5 | 18,0 | 0,5 | 0,27 | 88 | 0,7847 | | -0,1 |
| AY | 10,7 | 7,8 | -2,9 | -2,49 | 45 | 0,0167 | * | 0,4 |
| BA | 9,6 | 5,5 | -4,1 | -4,68 | 71 | 0,0000 | * | -0,4 |
| E | 14,3 | 7,8 | -6,5 | -7,27 | 85 | 0,0000 | * | -0,3 |

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|-------|-----|--------|---|------|
| L | 10,9 | 9,2 | -1,7 | -1,82 | 33 | 0,0781 | | -0,1 |
| M | 17,9 | 10,8 | -7,1 | -6,67 | 169 | 0,0000 | * | -0,4 |

Figur 6 Endring i bruk av tomgangskjøring vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs



Tabell 14 viser endring i bruk av tomgangskjøring. Fire av seks sjåførere har en signifikant reduksjon i bruk av tomgangskjøring. Tre av disse har også en signifikant reduksjon i drivstofforbruket. Dette bekreftes av Figur 6 hvor alle de røde søylene har størst endring i bruk av tomgangskjøring.

Tabell 15 viser endring i motorbelastning på mer enn 90% av maksimalt dreiemoment for sjåførere som deltok på kurset. Sjåfør L er ikke registrert med slik motorbelastning hverken før eller etter kurset. Sjåføren er derfor ikke inkludert i analysen. To av seks sjåførere har endret sin bruk av motorbelastning signifikant, men i begge tilfelle har motorbelastningen økt. Dette understreker at kjøreadferd ikke er nok til å bestemme verdien på motorbelastning, faktorer som infrastruktur og veistandard er viktigere.

Tabell 15 Effekter på motorbelastning for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfør | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell | Innsparing liter pr mil |
|--------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|-------------------------|
| AK | 7,5 | 7,4 | 0,0 | -0,03 | 73 | 0,9735 | | -0,1 |
| AY | 11,3 | 14,2 | 2,9 | 2,67 | 58 | 0,0099 | * | 0,4 |
| BA | 18,1 | 16,6 | -1,4 | -0,85 | 68 | 0,3984 | | -0,4 |
| E | 14,4 | 16,9 | 2,5 | 2,15 | 112 | 0,0338 | * | -0,3 |
| M | 13,4 | 13,2 | -0,3 | -0,24 | 164 | 0,8127 | | -0,4 |

Tabell 16 Effekter på bruk av høyeste gear for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfør | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell | Innsparing liter pr mil |
|--------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|-------------------------|
| AK | 37,6 | 40,8 | 3,2 | 1,30 | 82 | 0,1972 | | -0,1 |
| AY | 52,3 | 47,9 | -4,4 | -1,11 | 58 | 0,2705 | | 0,4 |
| BA | 58,7 | 62,4 | 3,7 | 1,77 | 72 | 0,0804 | | -0,4 |
| E | 50,3 | 54,9 | 4,6 | 2,97 | 109 | 0,0036 | * | -0,3 |
| L | 43,8 | 48,5 | 4,7 | 0,90 | 24 | 0,3778 | | -0,1 |
| M | 48,9 | 51,7 | 2,9 | 1,84 | 168 | 0,0682 | | -0,4 |

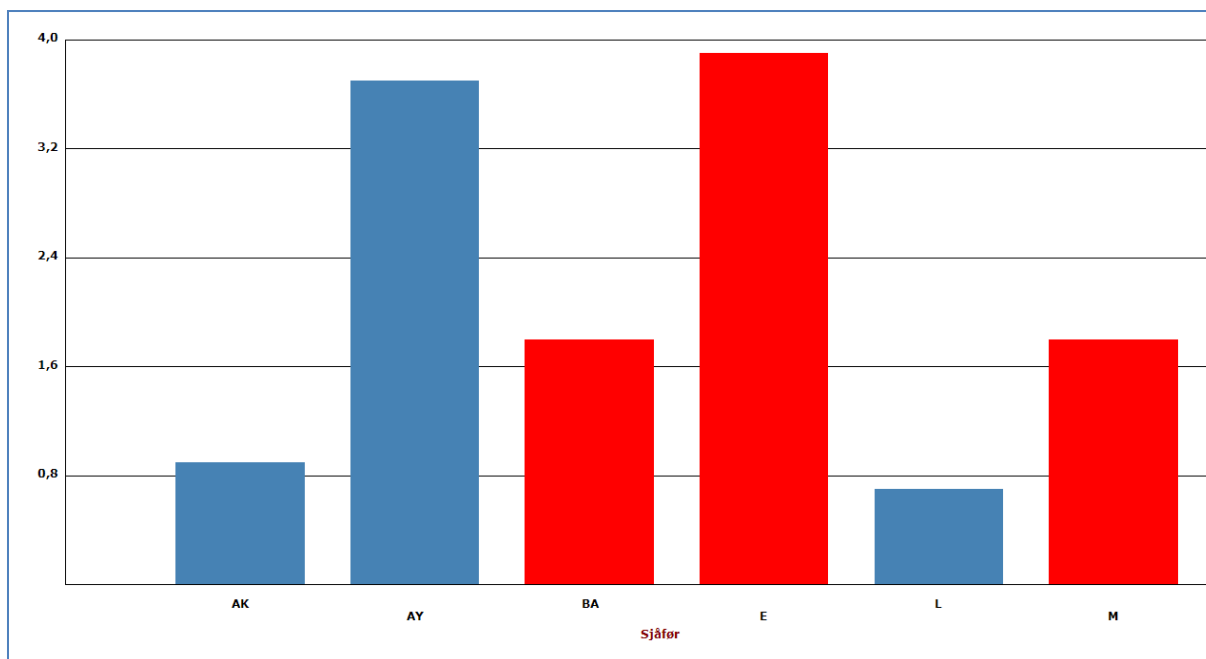
Det samme kan sies om indikatoren bruk av høyeste gear. Bare en av sjåførene har en signifikant økning i bruk av tid i høyeste gear etter kurset. Denne sjåføren har også en signifikant reduksjon i drivstofforbruket etter kurset. Vi tolker likevel tabellen slik at faktorer som infrastruktur og veistandard er viktigere for andel av kjøretiden i høyeste gear enn sjåførenes kjøreadferd siden så få sjåførere har en signifikant endring i indikatoren etter kurset.

Tabell 17 Effekter på bruk av utrulling for sjåførere som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| Sjåfør | Gjennomsnitt før kurs | Gjennomsnitt etter kurs | Differanse | t-verdi | Frihetsgrader | p-verdi | Signifikant forskjell | Innsparing liter pr mil |
|--------|-----------------------|-------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------------------|-------------------------|
| AK | 7,3 | 8,2 | 0,9 | 2,00 | 87 | 0,0483 | * | -0,1 |
| AY | 10,7 | 14,4 | 3,7 | 4,37 | 66 | 0,0000 | * | 0,4 |
| BA | 11,5 | 13,3 | 1,8 | 2,54 | 68 | 0,0133 | * | -0,4 |
| E | 6,4 | 10,3 | 3,9 | 5,83 | 122 | 0,0000 | * | -0,3 |
| L | 6,6 | 7,3 | 0,7 | 1,25 | 21 | 0,2243 | | -0,1 |
| M | 7,1 | 8,9 | 1,8 | 7,69 | 133 | 0,0000 | * | -0,4 |

Tabell 17 viser endring i bruk av utrulling for sjåførere som deltok på kurset. Tabellen viser at fem av seks sjåførere har en signifikant økning i bruk av utrulling etter kurset. Dette er derfor den indikatoren hvor vi finner størst effekt av kurset. Effekten av utrulling på innsparing i drivstofforbruk vises klart i Figur 7 hvor tre av de fire sjåførene med størst økning i utrulling har signifikant mindre bruk av drivstoff etter kurset.

Figur 7 Endring i bruk av utrulling vs drivstofforbruk før og etter sjåførkurs



Tabell 18 Effekter på bruk av bremses for sjåfører som deltok på kurs i energieffektiv kjøring juni 2011

| | Before | After | Difference | t-values | Degrees-of-freedom | p-values | Significance | Fuel saving |
|----|--------|-------|------------|----------|--------------------|----------|--------------|-------------|
| AK | 80,4 | 87,4 | 7,0 | 1,24 | 86 | 0,2171 | | -0,1 |
| AY | 50,3 | 70,1 | 19,9 | 3,21 | 75 | 0,0020 | * | 0,4 |
| BA | 26,0 | 24,2 | -1,8 | -0,47 | 71 | 0,6364 | | -0,4 |
| E | 61,7 | 68,7 | 7,0 | 1,69 | 113 | 0,0937 | | -0,3 |
| L | 116,4 | 80,0 | -36,4 | -3,00 | 17 | 0,0081 | * | -0,1 |
| M | 80,8 | 77,9 | -2,9 | -0,64 | 148 | 0,5246 | | -0,4 |

Tabell 18 viser bruk av bremses før og etter kurset. Dynafleet registrerer hvor ofte bremsene brukes per 100 km. Tabellen viser at to sjåfører har en signifikant endring i bruk av bremses etter kurset, men endringene for disse sjåførene går i hver sin retning. Den ene av sjåførene hadde en signifikant *økning* i drivstofforbruket etter kurset mens den andre ikke hadde noen signifikant endring. Dette kan tolkes slik at bruk av bremses er bestemt av andre faktorer enn kjøreadferd.

Har sjåfører som tok opplæringskurset et annet forbruk av drivstoff etter kurset enn andre sjåfører som ikke tok det? Vår antakelse er at sjåfører som tok kurset har mindre forbruk av drivstoff etter kurset enn andre sjåfører. For å teste hypotesen bruker vi den samme multivariate regresjonsmodellen som ovenfor. Men i stedet for å bruke variablene utrulling, bruk av cruise kontroll, bruk av automatisk gear skift og tomgangskjøring bruker vi en dummy variabel som er 1 for de sjåførene som tok kurset og 0 for de som ikke gjorde det. Regresjonskoeffisienten for denne dummy-variabelen vil dermed vise om de som tok kurset har en signifikant annet drivstofforbruk enn andre sjåfører. Konstantleddet måler gjennomsnittlig forbruk for de som ikke tok kurset.

Vi tar ikke med de uavhengige variablene tomgangskjøring, utrulling, bruk av cruise kontroll og bruk av automatisk gear skift i modellen. Vi bruker heller dummy-variabelen for kurs som en indikator for

disse uavhengige variablene. Vi har allerede påvist at sjåfører som deltok på kurset har endret sin bruk av tomgangskjøring, automatisk gear skift, utrulling og bruk av cruise kontroll. Dummy-variabelen for kursdeltakelse skal derfor fange opp eventuelle forskjeller i disse uavhengige variablene. Om vi tar disse uavhengige variablene med i modellen måler vi effekten for kursdeltakelse for *konstant* verdi av cruise kontroll, utrulling, bruk av automatisk gear skift og tomgangskjøring. Poenget er jo nettopp at vi ikke forutsetter konstante verdier for disse uavhengige variablene for sjåfører som deltok på kurset og de som ikke gjorde det. Variabelen kursdeltakelse blir derfor en indikator på ulik type kjøreadferd som vi ikke måler direkte men bare via denne variabelen.

Vi gjør en forutsetning til. Bare sjåfører som har en signifikant endring i minst tre av de fire uavhengige variablene cruise kontroll, utrulling, bruk av automatisk gear skift og tomgangskjøring får verdien 1 for dummy variabelen for kursdeltakelse. Begrunnelsen er at vi ønsker å skille de sjåførene som har flere signifikante endringer fra de som bare har en eller ingen. Dette betyr at sjåførene BA, E og M får verdien 1 for kursdeltakelse mens alle andre sjåførere får verdien 0. Vi tar også bare med registreringer foretatt etter at kurset ble gjennomført. Første dato i datamaterialet blir dermed 19 juni 2011.

Vi tar med de andre uavhengige variablene fra den multivariate modellen ovenfor. På denne måten kan vi beregne effekten av kursdeltakelse for konstante verdier på disse uavhengige variablene. Sjåførere som deltok på kurset vil ha ulik gjennomsnittsfart, ulik motorbelastning, ulik bruk av høyeste gear, de vil kjøre ulike lastebiler og noen sjåførere vil kjøre vogntog mens andre vil kjøre semitrailer. Kjøringen vil også foregå på ulike tider av året. Ved å kontrollere for dette kan vi få fram den selvstendige effekten som skyldes at kursdeltakelse etter våre antakelser vil gi ulik kjøreadferd.

Tabell 19 Multivariat regresjonsmodell med kursdeltakelse om indikator for kjøreadferd

| | <i>Regresjons- koeffisienter</i> | <i>Standard error</i> | <i>t-Stat</i> | <i>P-verdi</i> |
|----------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------|----------------|
| Konstantledd | 1,82493434 | 0,12430297 | 14,6813412 | 1,1229E-44 |
| Gjennomsnittsfart | 43,7352695 | 9,63859249 | 4,53751619 | 6,3212E-06 |
| Motorbelastning | 0,0798027 | 0,00187653 | 42,5266901 | 4,89E-234 |
| Bruk av høyeste gear | 30,9285099 | 1,76135097 | 17,5595384 | 5,2966E-61 |
| Høy vekt | 0,00301972 | 0,00036931 | 8,1766985 | 8,0188E-16 |
| Bremseteller | 0,00202534 | 0,00037202 | 5,44417773 | 6,4232E-08 |
| Motortype: D13C540 | 0,15107143 | 0,03865426 | 3,90827341 | 9,8668E-05 |
| Motortype: D16G700 | 0,48677257 | 0,0257442 | 18,9080444 | 3,2481E-69 |
| Vinter | 0,14922421 | 0,02184068 | 6,83239834 | 1,3836E-11 |
| Semitrailer | -0,24604525 | 0,03309996 | -7,43340022 | 2,1303E-13 |
| Dummy kurdeltakelse | -0,02472632 | 0,02283395 | -1,0828754 | 0,27910234 |

Tabell 19 viser resultatet av modellberegningen. Regresjonskoeffisientene er omlag som før. Det er viktig å merke seg at vi har et mindre datagrunnlag over en kortere periode enn for modellen vi beregnet ovenfor. Alt i alt er 1105 registreringer med i den siste modellberegningen i motsetning til 1824 i den første. Modellen i Tabell 19 forklarer 89% av variasjonen i drivstofforbruket.

Effekten av kursdeltakelse er ikke signifikant. Vi kan *ikke* påvise at sjåførere som tok kurset og som har en signifikant forbedring på minst tre indikatorer for kjøreadferd har en annen utvikling i drivstofforbruket. Riktignok er gjennomsnittsforkbruket 0,02 liter lavere pr mil for disse sjåførene men denne effekten er ikke signifikant.

En av grunnene til resultat i Tabell 19 kan være at kurset har skapt økt oppmerksomhet blant sjåførere som selv ikke deltok på kurset. Utrulling av erfaring og kunnskap mellom sjåførere kan dermed skape en gunstig utvikling for alle sjåførere, også for de som ikke deltok på kurset.

Oppsummering

Vi mener å ha vist at kurset i energieffektiv kjøring har effekter på sjåførenes kjøreadferd. Spesielt gjelder dette for indikatorer hvor sjåførene har størst mulighet til påvirkning, slik som utrulling, bruk av cruise kontroll, bruk av automatisk gear skift og tomgangskjøring.

Tabell 20 Signifikante endringer i ulike indikatorer samt forbruk av drivstoff

| Sjåfør | Drivstoff | Cruise kontroll | Automatisk gear skift | Tomgangs-kjøring | Utrulling |
|--------|-----------|-----------------|-----------------------|------------------|-----------|
| AK | | | | | * |
| AY | | | | * | * |
| BA | * | * | * | * | * |
| E | * | | * | * | * |
| L | | * | | | |
| M | * | * | * | * | * |

Tabell 20 viser hvilke sjåførere som har signifikante endringer i verdien på ulike adferdsindikatorer etter kurset sommeren 2011. Vi har bare tatt med de indikatorene som vi mener er mål på kjøreadferd. Vi antar at gjennomsnittsfart, motorbelastning, bruk av høyeste gear og bruk av bremsere er mål på infrastruktur og terreng snarere enn på kjøreadferd. Videre har vi tatt med signifikante reduksjoner i drivstofforbruket etter kurset for de sjåførene som deltok. Vi gjør oppmerksom på at sjåføren AY har en signifikant økning i drivstofforbruk.

Tabellen viser at av de tre sjåførene som har signifikant innsparing i drivstofforbruk har en sjåfør (E) signifikante endringer på tomgangskjøring, automatisk gear skift og utrulling. De to siste sjåførene (M og BA) har i tillegg signifikant endring på bruk av cruise kontroll. Vi mener dette viser at endring i disse indikatorene har en gunstig virkning på drivstofforbruket. Tabellen viser også at kurset har en effekt, sjåførene endrer kjøreadferd etter å ha deltatt på det. I tillegg viser tabellen at det er endringer i flere indikatorer øker sannsynligheten for en gunstig endring i drivstofforbruket.

Mangel på opplæring og fokus på energieffektiv kjøring kan derfor være en institusjonell barriere i transportselskapene. Det er vår erfaring fra samarbeidet med Lerum Frakt at økt oppmerksomhet omkring energieffektiv kjøring bidrar til å stimulere gunstig bruk av viktige indikatorer som utrulling, cruise kontroll, automatisk gear skift og tomgangskjøring også blant sjåførere som ikke deltok på kurset. Fra myndighetenes side kan økonomisk stimulans til å holde slike kurs bidra til å redusere energibruk og utslipp.

Økonomisk belønning er også en viktig institusjonell barriere. Det er viktig at sjåførene får beholde deler av gevinsten ved redusert energibruk. Om denne gevinsten tilfaller transportselskapenes kunder i form av billigere tjenester vil det være lite incentiv for sjåførene å innfri forventninger om endring i kjøreadferd.