



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

Vedlegg E og F

Regresjonsanalyse av Klimagassutslipp fra godstransport

TA
3027
2013

Analyse av årsaker til utviklingen i klimagassutslipp fra lastebiler (vedlegg E)

Følgende vedlegg er en presentasjon av analysearbeid gjennomført av Klif i forbindelse med rapporten "Utslipp av klimagasser i Norge 1990-2010 – trender og drivkrefter ". Analysene er gjennomført med hensikt å teste og underbygge hypoteser om ulike årsaks- og virkningsforhold for utslipp knyttet til transportsektoren. For å dokumentere arbeidet ble det laget to rapporter som beskriver metode og resultater fra arbeidet. Disse rapportene er ikke fagfellevurderte forskningsrapporter, men en dokumentering av Klifs interne analyser. Rapportene bør dermed behandles deretter.

Innledning

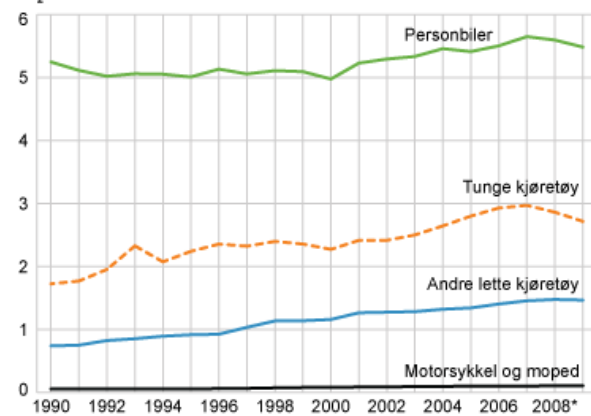
I forbindelse med rapporten om trender og drivkrefter for klimagassutslippene i Norge, har Klif gjennomført flere regresjonsanalyser. Dette ble gjort for å få bedre grunnlag til å vurdere årsakene til utslippsutviklingen fra lastebiler. Under beskriver vi både resultatene og gjennomføringen av analysene. Målet med analysen har vært å identifisere hvilke variable som ser ut til å påvirke utslippene, men vi anser ikke resultatene som gode nok til å kvantisere årsakssammenhengene med denne analysen. Til det er tidsseriene for korte og datasettet for mangelfullt. Vi mener likevel at resultatene gir indikasjoner på hvilke variabler som er av stor betydning for utslippene og hvilke som er mindre avgjørende.

Resultatene fra analysene indikerer at den observerte trenden i klimagassutslippene fra lastebiler kan forklares relativt godt av utviklingen i investeringer i realkapital, vekst i BNP og andelen av befolkningen som bor i by. Kortsiktige sesongvariasjoner i utslippene fra eie- og leietransport (som utgjør en stor del avlastebiltransporten) kan forklares av variasjoner i detaljhandelen. Andre faktorer som kunne tenkes å påvirke utslippene, slik som drivstoffpris viser seg ifølge vår modell ikke å ha signifikant betydning for de totale utslippene. Det er imidlertid viktig å påpeke at usikkerheten ved disse resultatene er betydelig, mye på grunn av korte tidsserier i datagrunnlaget.

Overordnet analyse

Klimagassutslippet fra godstransport på vei har økt betraktelig i perioden 1990-2010 og inkluderer utslipp fra både lette og tunge kjøretøy. Lette kjøretøy er hovedsakelig varebiler, mens tunge kjøretøy både inkluderer lastebiler og busser. I dette dokumentet analyserer vi utslippene fra lastebiler. For å analysere årsaken til utviklingen i utslippene er det nødvendig å identifisere sammenhengene i de overordnede faktorene som påvirker utslippene.

Utslipp av klimagasser fra veitrafikk. 1990-2009. Millioner tonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: Utslippsstatistikken til Statistisk sentralbyrå og Klima- og forurensningsdirektoratet.

Klimagassutslippet fra godstransport på vei har økt betraktelig i perioden 1990-2010 og inkluderer utslipp fra både lette og tunge kjøretøy. Lette kjøretøy er hovedsakelig varebiler, mens tunge kjøretøy både inkluderer lastebiler og busser. I dette dokumentet analyserer vi utslippene fra lastebiler. For å analysere årsaken til utviklingen i utslippene er det nødvendig å identifisere sammenhengene i de overordnede faktorene som påvirker utslippene.

De årlige totale utslippene av klimagasser fra lastebiler i Norge kan beskrives som produktet av antall kilometer kjørt og hvor mye CO₂ som slippes ut per kjørte kilometer. Disse variablene påvirkes igjen av mange ulike forhold. For tunge kjøretøy har utslippene steget noe mer enn antall vognkilometer¹, noe som indikerer at utslipp per vognkilometer har økt.

Det vil kunne være ulike årsaker bak utvikling i vognkilometer og utslipp per vognkilometer, noe som tilsier at disse bør analyseres hver for seg.

Disaggregering og drøfting av mulige underliggende årsaker

Som et utgangspunkt for analysen og grunnlag for å utføre regresjoner har vi identifisert variabler som kan tenkes å påvirke totalt antall vognkilometer og utslipp per vognkilometer hver for seg. Vi tar utgangspunkt i egne vurderinger og økonomisk teori. Hensikten er å identifisere mulige årsakssammenhenger som kan forklare utviklingen vi ønsker å analysere. Det er også viktig å vurdere om det er hensiktsmessig å disaggregere trendene ytterligere.

Vognkilometer totalt

Vognkilometer totalt omfatter det totale antallet kjørte kilometer for lastebiler og drives av etterspørselen etter godstransport generelt, i tillegg til etterspørselen etter tungtransport på vei i forhold til andre transportformer. Etterspørselen påvirkes igjen av kostnader og nytte forbundet med frakt av gods med lastebil relativt til nytten og kostnadene forbundet med andre transportformer.

Transportarbeidet er et godt mål på den generelle etterspørselen etter godstransport, og måles vanligvis i tonnkilometer². Antall tonnkilometer styres hovedsakelig av den generelle etterspørselen etter varer fra husholdninger og næringsliv. Nærings etterspørsel etter gods vil påvirkes av

¹ Vognkilometer er summen av årlig reiselengde for alle kjøretøy.

² Tonnkilometer er produktet av reiselengde og godsmengde transportert, summert over alle turer kjørt i et år.

aktivitetsnivået i økonomien som igjen hovedsakelig styres av aktivitetsnivået i verdensøkonomien. Over tid vil også strukturelle endringer kunne påvirke næringslivets etterspørsel etter gods, for eksempel ved at en overgang til mer tjenesteytende næringer kan redusere etterspørselen.

Husholdningers etterspørsel etter varer styres i stor grad av inntektsutviklingen, hvor høyere inntekt vil gi høyere konsum. Konsumsammensetningen vil også kunne påvirke etterspørselen etter varer over tid. Etterspørselen etter godstransport vil, i tillegg til mengden gods som handles, påvirkes av bosettingsmønster og handlevaner. Spredt bebyggelse, som i Norge, gir økt behov for transport. Fordelingen av handel mellom handelssentre, lokalbutikker og internett vil både ha en innvirkning på samlet etterspørsel etter veitransport, og behovet for tungtransport versus transport med lettere kjøretøy.

Hvor effektivt godset transporteres vil kunne være avgjørende for antall vognkilometer som kjøres, både i form av hvor stor del av bilenes kapasitet som utnyttes per tur og andelen tomkjøring³. For eksempel vil overgang til større og tyngre biler isolert sett redusere antall vognkilometer, siden det blir fraktet mer gods per tur. Lavere tomkjøringsprosent og bedre kapasitetsutnyttelse vil redusere antall vognkilometer i forhold til mengden gods fraktet, noe som isolert sett trekker i retning færre vognkilometer.

Etterspørsel etter godstransport med lastebil kontra andre transportformer vil bestemmes av tilgjengelighet, nytte og kostnader ved bruk av lastebil relativt til alternativene. De viktigste kostnadene forbundet med bruk av godsbiler vil være kjøps-/leiekostnader, drivstoff- og vedlikeholdskostnader. Kostnadene forbundet med alternative transportformer vil også påvirke etterspørselen etter transport på vei.

Kapasiteten til tognettet og havnene vil gi en øvre grense for hvor mye av veitransporten det er mulig å overføre til tog og skip. Transport på vei har ingen klar øvre kapasitetsgrense, så uten ledig kapasitet i de alternative transportformene vil veitransport være det eneste reelle alternativet.

Utover forskjeller i kostnader vil nytten være forskjellig for de ulike transportalternativene. Lastebiler er for eksempel ikke avhengig av havn eller skinner for å kunne levere gods. Bosettingsmønster og plassering av større godsterminaler og havner i forholdt til konsumenter og næringsliv vil være av betydning. Handelsvaner vil også kunne ha en påvirkning på etterspørsel etter frakt med lastebil, ettersom avsidesliggendelokalbutikker vil kunne øke bruken av lastebiler fremfor andre transportformer. Globalisering og økte forskjeller i kostnadsnivå mellom Norge og andre land vil kunne gjøre at grensekryssende transport av gods utgjør en større del av transporten og dette kan igjen påvirke utvikling i tungtransport på vei.

Utslipp per vognkilometer

Utslipp per vognkilometer påvirkes stort sett av helt andre forhold enn de som påvirker etterspørselen etter godsbiltransport. Utslipp per vognkilometer, eller utslippseffektiviteten, påvirkes av hvilke typer biler det kjøres med, hvor tungt lastet bilene er og hvilken type kjøring bilene benyttes til.

For personbiler har det vært en betydelig utvikling i motorteknologi som har medført lavere drivstofforbruk og dermed lavere utslipp over tid. For lastebiler har derimot utslippene per kilometer

³ Tomkjøring er transport med lastebil uten frakt av gods.

gått opp i perioden vi ser på. Teknologit utvikling i retning mindre drivstoffeffektive motorer virker lite sannsynlig. Årsaken til denne trenden må da komme av utviklingen i andre variabler som for eksempel motorstørrelse, bilenes egenvekt, lastekapasitet eller utnyttelse av lastekapasitet.

Utskiftingstakten av bilparken, sammen med hvilke typer biler som blir kjøpt og vraket, kan også påvirke gjennomsnittlig utslipp per vognkilometer. Utskiftingstakten påvirkes i stor grad av realprisen på nye biler, inntektsnivå og eventuelt vrakpant. Hva slags biler som kjøpes, og dermed hvor mye CO₂ per kilometer de nye bilene slipper ut, påvirkes i stor grad av prisen på biler med lave utslipp i forhold til prisen på biler med høye utslipp.

I tillegg til kjøpspris på bil vil også drivstoffpris kunne påvirke hvorvidt transportbedrifter velger å kjøpe biler med høyt drivstofforbruk og CO₂-utslipp, eller mer drivstoffeffektive biler. Forventninger om høyere pris på drivstoff gir insentiver til å velge biler med lavere drivstofforbruk.

Utslippene per vognkilometer vil også være avhengige av hvordan bilene kjøres. Dette kan blant annet påvirkes av urbanisering fordi det skaper økt etterspørsel etter varer, og dermed godstransport, i sentrale strøk. Bykjøring fører til høyere drivstofforbruk og CO₂-utslipp enn landeveiskjøring på grunn av mer start og stopp i tillegg til at lastebilene blir sittende fast i kø.

Innhenting av relevante data

For å kunne gjennomføre regresjonsanalyser er det avgjørende å finne tilgjengelige data som i tilstrekkelig grad kan representere de forholdene vi har identifisert ovenfor. Basert på tilgjengelig statistikk har vi innhentet et datasett presentert i vedlegg 1 som grunnlag for regresjonsanalysen. På grunn av begrensede ressurser har vi ikke hatt mulighet til å gjøre en grundig litteraturgjennomgang for å underbygge valg og utforming av forklaringsvariabler. Hvilke type data og hvilke spesifikasjoner av modeller vi har valgt har derfor i stor grad begrunnet i teoretiske og skjønnsmessige vurderinger.

Der vi har manglet data for, etter vår oppfatning, viktige forklaringsvariabler har vi forsøkt å benytte eller konstruere "proxy-variabler" der det har latt seg gjøre. Det vil si variabler som antas å følge utviklingen i den variabelen vi egentlig ønsker beskrevet og som dermed kan inkluderes i modellen for å representere den opprinnelige variabelen. Bruk av proxy-variabler gjør resultatene mindre robuste fordi vi ikke tester forklaringsevnen til variablene vi ønsker direkte. Dette kan i verste fall føre til at vi trekker konklusjoner på feil grunnlag. Variabler kan ekskluderes feilaktig fordi proxy-variabelen i for liten grad fanger opp den egentlige variabelens variasjon. Variabler med liten forklaringsevne kan også framstå som avgjørende, fordi proxy-variabelen avhenger av andre forhold enn den opprinnelige forklaringsvariabelen.

Det er også variabler vi ikke har inkludert i regresjonene på grunn av manglende eller mangelfulle data. Det er mulig det eksisterer datasett som kunne blitt benyttet til å beskrive disse årsakssammenhengene, men at vi, på grunn av manglende ressurser, ikke har vært i stand til å oppdrive dette. Variabler som er valgt bort ex ante er enten ekskludert fordi vi anser forklaringsevnen som lite troverdig, eller fordi vi anser det som lite sannsynlig at det finnes gode nok data. Det kan derfor være at vi har ekskludert forhold av betydning uten å ha statistisk belegg for det, noe som vil påvirke hvor robuste resultatene er.

Utslipp og vognkilometer fra lastebiler er hentet fra utslippsregnskapet som publiseres av SSB. Hvordan utslippsregnskapet gjennomføres er beskrevet kort i vedlegg 2. Kontinuerlig beregning av norske klimagassutslipp ble først gjort fra 1989, noe som begrenser antall tilgjengelige observasjoner. I tillegg var det i årene 1990-1993 unormalt store avvik mellom beregnede utslipp fra lastebiler og busser og mengde drivstoff solgt, grunnet underestimert av vognkilometer for lastebiler i utslippsmodellen for disse årene. Vi har derfor sett oss nødt til å utelukke observasjoner mellom 1990-93. Færre observasjoner vil gi mindre robuste resultater. Dette fordi kortere tidsserier gir mindre variasjon i observasjonene, noe som gjør det vanskeligere å avgjøre om en variabel er signifikant eller ikke.

Tall for BNP, konsum, realinvesteringer og indekser for detalj- og engroshandel er hentet fra Statistikkbanken i SSB. Priser for bensin og diesel er hentet fra Norsk Petroleumsinstitutt. For tonnkilometer har vi funnet statistikk fra TØI-rapport 1090/2010.

For å beskrive den generelle utviklingen i drivstoffkostnader har vi konstruert følgende variabel:

$$\text{drivstoffkostnad} = \text{dieselpri} * \text{utslippsfaktor}_{\text{diesel}}$$

Utslippsfaktoren beskriver her gjennomsnittlig drivstoffeffektivitet for diesellastebiler. Vi har benyttet justerte utslippsfaktorer som ser bort i fra innblanding av biodrivstoff for å isolere effekten av energieffektivisering. Det er kun utviklingen i kostnaden som er interessant, ikke nivået, så vi har valgt å lage kostnadsvariabelen om til en kostnadsindeks. Vi har ikke inkludert bensinpris i indeksen siden bensinkjøretøy kun utgjør en marginal andel av lastebilmarkedet. Selv om dette er en konstruert proxy-variabel mener vi den vil gi en god beskrivelse av utviklingen i gjennomsnittlige drivstoffkostnader for lastebiler.

Vi har ikke funnet tall for hvordan engangsavgiften er utformet for tunge kjøretøy i hele tidsperioden vi har sett på. I 2000 ble imidlertid vektårsavgiften differensiert med hensyn på Eurokrav for avgasser. Selv om dette ikke innebar en differensiering i forhold til klimagassutslipp er utslipp av andre avgasser også knyttet til drivstoffbruk og det kan derfor tenkes at denne differensieringen også kan ha påvirket utslippene av klimagasser. For å fange opp den regulatoriske endringen har vi laget en dummyvariabel med 0-verdier før 2000 og 1-verdier etter 2000.

Vi har valgt å holde mulige variabler som kan forklare type kjøring, utover hva som kan forklares av endring i befolkningstetthet, utenfor modellen.

Alle prisene er eller har blitt omgjort til realpriser, fordi vi mener arealpriser vil påvirke folks kjøpemønstre større grad enn nominelle priser.

Vi har ikke vært i stand til å finne lange nok tidsserier som beskriver kostnadene eller tilbudet for alternative transportmåter. Dette er potensielt en betydelig feilkilde i analysen. Videre har vi ikke brukt ressurser på finne statistikk som kan beskrive tidsbruk og fremkommelighet for lastebiler relativt til andre transportformer. Dette fordi vi anser det som sannsynlig at disse forholdene har forholdt seg relativt stabile i perioden. Økt tidsbruk, som følge av mer kødannelse, kan delvis fanges opp gjennom variabelen for sentralisering.

Spesifisering av modell for regresjonsanalyser

Basert på dataene som er tilgjengelige og de sammenhengene vi ønsker å vurdere, har vi spesifisert årsakssammenhenger som vi så tester med regresjonsanalyser.

Vognkilometer totalt

Den første variabelen vi ønsker å forklare er totalt antall kjørte kilometer per år (*vognkm*). Med basis i økonomisk teori har vi identifisert hvilke variabler vi tror er driverne bak utviklingen i vognkilometer. Etter å ha ekskludert variabler vi ikke har tilstrekkelig data for, ender vi opp med følgende regresjonsmodell:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * varekonsum_t + \beta_2 * realinvesteringer_t + \beta_3 * drivstoffkostnad_t + e_t$$

vognkm er her den avhengige variabelen, det vil si den variabelen vi forsøker å forklare utviklingen til. Forklaringsvariablene på høyre side av likhetstegnet er variabler vi tror kan ha en påvirkning på vognkilometer totalt. "β -koeffisientene" er parameterne vi ønsker å estimere mens "e_t-leddet" er et restledd som fanger opp variasjonen som ikke forklares av modellen.

Vi tror at de viktigste driverne for transport med lastebiler er økonomisk aktivitet og da først og fremst forbruk av varer og bygg og anleggsaktivitet. Vi har derfor valgt å ta med husholdningenes varekonsum (*varekonsum*) og direkte investeringer i realkapital (*realinvesteringer*). Økt varekonsum vil gi større behov for varetransport. På samme måte vil økte investeringer i realkapital føre til mer transport av bygg- og anleggsmaterialer og utkjøring av masse.

Det har vært vanskelig å finne data for kostnaden ved transport med lastebil i forhold til andre transportformer. I stedet har vi inkludert en Proxy-variabel for drivstoffkostnader. Dersom kostnaden for drivstoff øker vil relativkostnaden for transport med lastebiler isolert sett øke, og vi vil forvente at vognkilometer for lastebiler vil reduseres dersom alt annet holdes konstant.

Tog er det mest opplagte alternativet til godstransport med lastebil. Kapasitet og kostnad for godstransport på bane vil derfor kunne være av betydning for antall vognkilometer med lastebiler. Vi har derimot ikke vært i stand til å finne egnede datasettsom beskriver banekapasiteten og kostnader knyttet til godstransport med jernbane.

Utslipp per vognkilometer:

For utslipp per vognkilometer har vi spesifisert følgende modell:

$$utslippprkm_t = \beta_0 + \beta_1 * dieselpris_t + \beta_2 * transporteffektivitet_t + \beta_3 * vektårsavgiftsdummy00_t + \beta_4 * andelby_t + e_t$$

De gjennomsnittlige utslippene per vognkilometer vil hovedsakelig påvirkes gjennom endringen av kjøretøyparken ved kjøp av nye biler og vraking av gamle. Utslippseffektiviteten til de nye bilene relativt til bilene som vrakes vil være avgjørende for utviklingen i utslipp per vognkilometer. Vi har derfor lagt vekt på å inkludere variabler som vil kunne ha innvirkning på nybilsalget, siden vi tror utslippsprofilen på nye biler er det som er mest avgjørende for utslippseffektiviteten.

Det er transportbedriftenes forventning om hva framtidig drivstoffpris vil være som vil påvirke hvilken type bil de vil kjøpe. Forventninger er alltid vanskelige størrelser å måle, men det er vanlig å anta at dagens priser danner utgangspunktet for forventninger om hva prisene vil bli framover.

Basert på dette, i tillegg til et ønske om å holde modellen enkel, har vi derfor valgt å inkludere realprisen for diesel som forklaringsvariabler i modellen. Vi har ikke inkludert bensinprisen som forklaringsvariabel fordi lastebilparken er totalt dominert av dieselmotorer og vi vet fra tidligere regresjonsanalyse av personbiltransport at bensin- og dieselprisen er svært høyt korrelert.

Utslippseffektiviteten kan også bli påvirket av hvor effektivt godset transporteres. Dersom effektiviteten øker i form av at det fraktes mer per tur, vil utslippseffektiviteten isolert sett reduseres fordi vekten til kjøretøyene øker. Vi har derfor inkludert en indeks for *transporteffektivitet* i modellen. I mangel på data for hele lastebilparken har vi laget proxy-variabelen ved å dele tonnkilometer for eie- og leietransport, som utgjør rundt 2/3 av lastebiltransporten, på vognkilometer for eie- og leietransport:

$$\text{Transporteffektivitet}_t = \text{tonnkm}_t / \text{vognkm}_t$$

Vi har deretter indeksert denne størrelsen med 1994 som basisår. Indeksen beskriver utviklingen i forholdet mellom transportarbeid og trafikkarbeid for eie- og leietransport. Vi antar videre at utviklingen i dette forholdet er representativt for hele lastebilparken. Dersom denne variabelen avviker mye fra den reelle utviklingen i transporteffektivitet (gjennomsnittlig antall tonn som fraktes per vognkilometer), kan resultatet fra regresjonen bli feilaktig og mindre robust.

Graden av differensiering av engangsavgiften har i stor grad påvirket utslippseffektiviteten til personbiltransport. Det er derimot, så vidt vi erfarer, ikke implementert et liknende engangsavgiftssystem for lastebiler. Fra 2000 ble imidlertid vektårsavgiften for lastebiler differensiert ut ifra avgasskravene i Euroklassesystemet. Selv om differensieringen ikke går direkte på klimagassutslipp vil de andre avgassene også knytte seg til drivstofforbruk og dermed indirekte føre til en differensiering på klimagassutslipp. Denne differensieringen vil gjøre det dyrere å eie biler med høye klimagassutslipp i forhold til biler med lave utslipp, og dermed gi incentiver til å kjøpe mer utslippseffektive lastebiler. Vi har derfor inkludert en dummyvariabel med nullverdier før 2000 og 1-verdier fra 2000 og utover, for å undersøke om denne differensieringen har påvirket utslippseffektiviteten for lastebiler. Ved å bruke en dummyvariabel vil vi ikke fange opp de mer gradvise justeringene av avgiften.

Ved siden av utslippsprofilen på nybilsalget vil måten bilene kjøres på ha en innvirkning på utslipp per vognkilometer. Det er vanskelig å finne et godt statistisk mål på kjøremåte, men vi har valgt å inkludere andelen av befolkning som bor i by for å fange opp sammenhengen mellom kjøremåte og utslippseffektivitet. Antagelsen bak er at urbanisering vil gi mer tungtransport i byer. Siden bykjøring gir høyere utslipp per vognkilometer enn landeveiskjøring, vil urbanisering isolert sett føre til høyere utslipp per vognkilometer.

Det er også flere elementer vi tror kan være av betydning for utslippseffektiviteten som vi ikke har klart å finne variabler for, og derfor ikke får inkludert i modellen. For eksempel vil reguleringer av størrelse, vekt og lasteevne kunne påvirke utslippseffektiviteten. Noe av denne påvirkningen kan variabelen for transporteffektivitet forklare, men manglende variabler kan påvirke resultatene negativt.

Gjennomføring av regresjonsanalyse og tolkning av resultater

Etter å ha spesifisert årsakssammenhengene vi ønsker testet, har vi benyttet STATA til å gjennomføre regresjonene.

Vognkilometer

Tabell 1

Resultatet fra regresjon av:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * varekonsum_t + \beta_2 * realinvesteringer_t + \beta_3 * drivstoffkostnad_t + e_t$$

Source	SS	df	MS			
Model	490016.303	3	163338.768	Number of obs =	17	
Residual	110301.815	13	8484.75496	F(3, 13) =	19.25	
Total	600318.118	16	37519.8824	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.8163	
				Adj R-squared =	0.7739	
				Root MSE =	92.113	

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
varekonsum	-.0005381	.0008465	-0.64	0.536	-.0023668	.0012906
realinvesteringer	.0037846	.0008898	4.25	0.001	.0018624	.0057069
drivstoffkostnad	-5.118843	2.429481	-2.11	0.055	-10.36742	.1297315
_cons	1796.5	162.3624	11.06	0.000	1445.738	2147.263

Justert R^2 er et mål på modellens totale forklaringskraft. F-testen tester hypotesen at ingen av våre forklaringsvariabler har noe forklaringskraft. F-verdien anvendes som input i F-testen og høyere F-verdi vil gi lavere verdi i F-testen.

Våre resultater viser at for vognkilometer totalt er det kun realinvesteringer som er signifikant på et 5 % -signifikansnivå. Drivstoffkostnad er imidlertid signifikant på 10 % -signifikansnivå. En svært lav F-verdi og høye R^2 -verdier indikerer at modellen har relativt god forklaringssevne. En mulig forklaring på hvorfor varekonsum ikke framstår som signifikant er at den er for sterkt korrelert med realinvesteringer, siden begge er nært knyttet til BNP.

Utslipp per vognkilometer

Tabell 2

Resultat fra regresjon av:

$$utslipp_{prkm}_t = \beta_0 + \beta_1 * dieselpris_t + \beta_2 * transporteffektivitet_t + \beta_3 * vektårsavgiftsdummy00_t + \beta_4 * andelby_t + e_t$$

Justert R^2 er et mål på modellens totale forklaringskraft. F-testen tester hypotesen at ingen av våre forklaringsvariabler har noe forklaringskraft. F-verdien anvendes som input i F-testen og høyere F-verdi vil gi lavere verdi i F-testen.

For utslipp per vognkilometer er det kun *andelby* som er signifikant på 5 % -signifikansnivå. Modellen har en relativt høy justert R^2 og en F-verdi som indikerer at det er sannsynlig at i hvert fall en av forklaringsvariablene har forklaringssevne. Grunnen til at vi oppnår disse resultatene kan være at vi ikke har klart å finne de riktige årsakssammenhengene, eller at det forekommer metodefeil i

Source	SS	df	MS	Number of obs =	17
Model	.036888919	4	.00922223	F(4, 12) =	9.50
Residual	.011649186	12	.000970766	Prob > F =	0.0011
Total	.048538105	16	.003033632	R-squared =	0.7600
				Adj R-squared =	0.6800
				Root MSE =	.03116

utslippprkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dieselpri	-.0060208	.0095602	-0.63	0.541	-.0268506	.014809
transporteffektivitet	-.0008111	.0017332	-0.47	0.648	-.0045874	.0029651
vektavgiftdummy00	-.0054656	.0365933	-0.15	0.884	-.0851955	.0742643
andelby	2.547915	.6649363	3.83	0.002	1.099143	3.996687
_cons	-.8954862	.4477523	-2.00	0.069	-1.871055	.0800824

estimeringen. Våre korte tidsserier utgjør også en stor utfordring, siden en kort tidsserie egentlig ikke er egnet til å gjøre regresjonsanalyser med såpass mange forklaringsvariabler. Det kan også her være at noen av forklaringsvariablene er sterkt korrelert med hverandre. I tillegg tror vi det kan være utelatte variabler, som reguleringer av vekt, størrelse og lasteevne, som påvirker utslipp per vognkilometer. Dette kan forklare at modellen for utslipp per kilometer har lavere forklaringssevne enn modellen for vognkilometer.

Test for multikollinearitet og revidering av modellene

Multikollinearitet

Typisk for regresjoner der få eller ingen av forklaringsvariablene fremstår som signifikante er kollinearitet eller multikollinearitet. Det vil si at forklaringsvariablene har et tilnærmet lineært forhold, som gjenkjennes ved stor samvarians mellom to eller flere av variablene. Dette gjelder også våre likninger. For eksempel er det grunn til å tro at realinvesteringer og varekonsum i stor grad påvirkes av det generelle aktivitetsnivået i økonomien. For å sjekke om det er problemer med (multi)kollinearitet i våre modeller sjekker vi korrelasjonen mellom forklaringsvariablene. En tommelfingerregel for regresjonsanalyser er at dersom to av forklaringsvariablene har en korrelasjonskoeffisient på 0,8 eller mer (i absoluttverdi) bør en av variablene utelates.

Vognkilometer totalt

Tabell 3

Korrelasjonsmatrise: Vognkilometer totalt

	vareko~m	realin~r	drivst~d
varekonsum	1.0000		
realinvest~r	0.9240	1.0000	
drivstoffk~d	0.8246	0.8547	1.0000

Fra korrelasjonsmatrisen over kommer det tydelig frem at det er svært høy korrelasjon mellom alle tre forklaringsvariablene. Som nevnt i eksempelet over er det ikke overraskende at realinvesteringer og varekonsum samvarierer, ettersom begge vil påvirkes av aktivtetsnivået i økonomien. Grunnen til at de også er korrelerte med drivstoffkostnaden kan være tilfeldig, eller det kan være innslag av at også denne variabelen har fulgt veksten i økonomien. Uansett grunn er korrelasjonen mellom disse variablene så høy at vi er nødt til å utelate to av dem eller endre modellen. Vi kan enten beholde realinvesteringer som eneste forklaringsvariabel, eller vi kan finne en variabel som er sterkt korrelert med både varekonsum og drivstoffkostnad og bruke denne som instrumentvariabel. Fordi vi anser det som sannsynlig at både realinvesteringer og varekonsum påvirker vognkilometer, og at det er økonomisk vekst som driver begge, kan vi erstatte begge med BNP i modellen vår.

Tabell 4

Revidert korrelasjonsmatrise: Vognkilometer totalt

(obs=17)

	bnp	vareko~m	realin~r	drivst~d
bnp	1.0000			
varekonsum	0.9730	1.0000		
realinvest~r	0.9205	0.9240	1.0000	
drivstoffk~d	0.7654	0.8246	0.8547	1.0000

Vi ser av tabellen over at drivstoffkostnaden ikke er for sterkt korrelert med BNP, til at begge kan inkluderes i modellen. Det finnes også andre måter å endre modellen for å unngå multikollinearitet, som vi vil komme inn på senere.

Utslipp per vognkilometer

Tabell 5

Korrelasjonsmatrise: Utslipp per vognkilometer

	diesel~s	transp~t	vekta~00	andelby
dieselpris	1.0000			
transporte~t	0.4586	1.0000		
vektavgif~00	0.4612	0.8842	1.0000	
andelby	0.6178	0.7970	0.8110	1.0000

Som vi kan se av korrelasjonsmatrisen så er det en høy korrelasjon mellom indeksen for transporteffektivitet, vektårsavgiftsdummyen og andelen av befolkning som bor i by. Det er ingen åpenbar grunn til at disse tre variablene skal være avhengige av hverandre. Det kan imidlertid tenkes at endringer i vektårsavgiften kan ha gitt incentiver til å effektivisere driften for transportbedriftene ved å gå over til færre og større biler. Sentralisering kan også være en av årsakene til at vektårsavgiften ble differensiert etter avgasskrav, ettersom lokal luftforurensning er et større problem i byer enn på landsbygda. Det kan også tenkes at sentralisering gjør det lettere å effektivisere transporten gjennom økt koordinering og strategisk plassering av lager etc. som igjen kan gjøre det lettere å fylle bilene og unngå tomkjøring. Dette kan i så fall være en forklaring på hvorfor transporteffektiviteten er korrelert med variabelen *andelby*. Selv om det er sterk korrelasjon mellom *transporteffektivitet* og *andelby* kan vi beholde begge i samme modell. Faren med dette er at de kan "stjele" noe forklaringskraft fra hverandre. Vektårsavgiften er sterkt korrelert med begge de andre forklaringsvariablene, så denne utelates fra den videre analysen.

Revidering av modellene

På bakgrunn av informasjonen fra korrelasjonsmatrisene og vurderingene forklart over, kan vi nå revidere modellene våre.

Vognkilometer

For vognkilometer totalt konkluderte vi med at korrelasjonen mellom realinvesteringer, varekonsum og dieselpriis var for høy. Vi har derfor testet to nye modeller:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * realinvest_t + e_t$$

Tabell 6

Resultatet fra regresjon av:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * realinvest_t + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	17
Model	443504.409	1	443504.409	F(1, 15) =	42.42
Residual	156813.708	15	10454.2472	Prob > F =	0.0000
Total	600318.118	16	37519.8824	R-squared =	0.7388
				Adj R-squared =	0.7214
				Root MSE =	102.25

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
realinvesteringer	.002222	.0003411	6.51	0.000	.0014949 .0029492
_cons	1508.278	116.9084	12.90	0.000	1259.093 1757.462

Fra resultatet av den reviderte modellen vår ser vi at realinvesteringer nå er signifikant på mer enn 1% signifikansnivå og har relativt stor forklaringsevne alene. Det er likevel grunn til å tro at for eksempel varekonsum eller andre former for økonomisk aktivitet vil ha en innvirkning på vognkilometer med lastebil. Derfor testet vi også modellen:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * bnp_t + \beta_2 * drivstoffkostnad_t + e_t$$

Tabell 7

Resultatet fra regresjon av:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * bnp_t + \beta_2 * drivstoffkostnad_t + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs = 17		
Model	392185.709	2	196092.854	F(2, 14) = 13.19		
Residual	208132.409	14	14866.6007	Prob > F = 0.0006		
Total	600318.118	16	37519.8824	R-squared = 0.6533		
				Adj R-squared = 0.6038		
				Root MSE = 121.93		

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
bnp	.000776	.0002235	3.47	0.004	.0002967	.0012554
drivstoffkostnad	-.5672744	2.553822	-0.22	0.827	-6.044678	4.910129
_cons	919.6854	261.2485	3.52	0.003	359.3631	1480.008

Som vi ser av resultatene er ikke drivstoffkostnader signifikant i denne modellen. Dette kan tyde på at drivstoffkostnadens tilsynelatende forklaringsevne var et resultat av korrelasjonen med realinvesteringer. BNP er signifikant på 5 % -signifikansnivå, men resultatene er generelt svakere enn for modellen med realinvesteringer. For å kunne konkludere om modellen er best med BNP eller realinvesteringer må vi ekskludere drivstoffkostnad fra modellen.

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * bnp_t + e_t$$

Tabell 8

Resultatet fra regresjon av:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * bnp_t + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs = 17		
Model	391452.18	1	391452.18	F(1, 15) = 28.11		
Residual	208865.937	15	13924.3958	Prob > F = 0.0001		
Total	600318.118	16	37519.8824	R-squared = 0.6521		
				Adj R-squared = 0.6289		
				Root MSE = 118		

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
bnp	.000738	.0001392	5.30	0.000	.0004413	.0010347
_cons	920.6515	252.7994	3.64	0.002	381.8225	1459.481

Vi ser av resultatene for disse to modellene at både BNP og realinvesteringer fremstår som svært signifikante hver for seg. Modellen med realinvesteringer framstår som noe bedre, med høyere R^2 verdier. Vi vil likevel sjekke begge modeller videre for innslag av utelatte variabler før vi bestemmer

oss for endelig modell. Men begge modeller indikerer at det i stor grad er økonomisk aktivitet som påvirker vognkilometer for lastebiler.

Utslipp per vognkilometer

For utslipp per vognkilometer konkluderte vi med *atvektårsavgiftdummy00* var for sterkt korrelert med *transporteffektivitet* og *andelby*, og dermed måtte ekskluderes. Vi ønsker derfor å teste følgende reviderte modeller:

$$utslipp_{prkm_t} = \beta_0 + \beta_1 * dieselpris_t + \beta_2 * transporteffektivitet_t + \beta_3 * andelby_t + e_t$$

Tabell 9

Resultatet fra regresjon av revidert modell:

$$utslipp_{prkm_t} = \beta_0 + \beta_1 * dieselpris_t + \beta_2 * transporteffektivitet_t + \beta_3 * andelby_t + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	17
Model	.036867263	3	.012289088	F(3, 13) =	13.69
Residual	.011670843	13	.000897757	Prob > F =	0.0003
Total	.048538105	16	.003033632	R-squared =	0.7596
				Adj R-squared =	0.7041
				Root MSE =	.02996

utslipp_{prkm}	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
dieselpris	-.0059457	.0091809	-0.65	0.529	-.0257798 .0138884
transporteffektivitet	-.0009848	.0012357	-0.80	0.440	-.0036545 .0016848
andelby	2.512286	.5968799	4.21	0.001	1.222806 3.801767
_cons	-.8506535	.3195028	-2.66	0.020	-1.540897 -.1604097

Fra tabellen over ser vi at det fortsatt kun er *andelby* som er signifikant på 5 % -signifikansnivå. Dette indikerer at verken drivstoffprisen eller transporteffektiviteten har innvirkning på utslipp per vognkilometer. Det kan være flere grunner til dette. Dieselpriisen har vært relativt konstant i perioden, som vil begrense innvirkningen på nybilsalget, og dermed utslippseffektiviteten. Økt transporteffektivitet, for eksempel større biler, kan ha blitt motsvart av mer drivstoffeffektive motorer. Dette kan ha redusert på utslippene per vognkilometer. Vi bør likevel være forsiktige med å konkludere med at transporteffektivitet ikke har hatt noen effekt på utslippseffektiviteten. Det kan tenkes at eie- og leietransport ikke følger samme utvikling som den totale lastebilparken. Dette vil i så fall medføre at proxy-variabelen vår ikke er et godt mål på den reelle transporteffektiviteten. Den høye korrelasjonen med *andelby* kan også være en årsak til at *transporteffektivitet* ikke fremstår som signifikant. Ettersom *andelby* er den eneste signifikante variabelen ender vi opp med følgende modell:

$$utslipp_{prkm_t} = \beta_0 + \beta_1 * andelby_t + e_t$$

Tabell 10

Resultatet fra regresjon av revidert modell:

$$utslipp_{prkm_t} = \theta_0 + \theta_1 * andelby_t + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	17
Model	.03598189	1	.03598189	F(1, 15) =	42.98
Residual	.012556215	15	.000837081	Prob > F =	0.0000
				R-squared =	0.7413
				Adj R-squared =	0.7241
Total	.048538105	16	.003033632	Root MSE =	.02893

utslipp_{prkm}	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
andelby	2.014485	.3072598	6.56	0.000	1.359576 2.669394
_cons	-.650438	.2377419	-2.74	0.015	-1.157173 -.1437031

Vi ser av resultatene at modellen med kun *andelby* som forklaringsvariabel har relativt høy forklaringssevne, med justert R^2 over 0,72. Koeffisienten er estimert til å være positiv som er i tråd med vår hypotese om at økt sentralisering gir mer lastebiltransport i byene og økte utslipp per vognkilometer.

Test for utelatte forklaringsvariabler og autokorrelasjon

Selv om vi har justert modellene for multikollinearitet kan det fortsatt forekomme andre former for metodefeil. I den videre testingen av metodefeil har vi kun vurdert de reviderte modellene.

Utelatte forklaringsvariabler

For å sjekke for problemer med utelatte variabler har vi beregnet korrelasjonen mellom forklaringsvariablene og restleddene.

Vognkilometer

Begge modellene for vognkilometer totalt har betydelig korrelasjon mellom den forklarte variabelen og restleddene, som kan indikere problemer med utelatte variabler.

Tabell 11

Korrelasjonsmatrise: vognkm og restledd for: $vognkm_t = \theta_0 + \theta_1 * realinvest_t + e_t$

	vognkm	restledd
vognkm	1.0000	
restledd	0.5111	1.0000

Tabell 12

Korrelasjonsmatrise: vognkm og restledd for: $vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * BNP_t + e_t$

	vognkm restledd	
vognkm	1.0000	
restledd	0.5899	1.0000

Fordi vi vet at både realinvesteringer og BNP er svært signifikante hver for seg kan dette tyde på at både BNP og realinvesteringer bør inkluderes i samme modell. Siden disse to variablene er så høyt korrelerte har vi endret modellen til å inkludere realinvesteringer på endringsform, det vil si årlig endring i realinvesteringene, i tillegg til BNP.

Tabell 13

Korrelasjonsmatrise:vognkilometer totalt

	D. bnp realin~r	
bnp	1.0000	
realinvest~r		
D1.	-0.1024	1.0000

Årlig endring i realinvesteringer er langt mindre korrelert med BNP og kan derfor inkluderes i modellen. Vi har valgt å inkludere nivået på BNP fordi vi tror det er den generelle økonomiske aktiviteten som vil styre trendutviklingen på vognkilometer for lastebiler. Den generelle økonomiske aktiviteten fanges i større grad opp av nivået på BNP enn nivået på realinvesteringene.

Realinvesteringer varierer i langt større grad enn varekonsum og BNP, relativt til størrelsen. Vi tror derfor at mange av de større svingningene i vognkilometer kan være forårsaket av større svingninger i realinvesteringene. Dette er årsaken til at realinvesteringer inkluderes på endringsform. Vi ender derfor opp med følgende reviderte modell:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * bnp_t + \beta_2 * (realinvest_t - realinvest_{t-1}) + e_t$$

Tabell 14

Resultatet fra regresjon av:

$$\text{vognkm}_t = \theta_0 + \theta_1 * \text{bnp}_t + \theta_2 * (\text{realinvest}_t - \text{realinvest}_{t-1}) + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	17
Model	518015.621	2	259007.81	F(2, 14) =	44.06
Residual	82302.497	14	5878.74978	Prob > F	= 0.0000
				R-squared	= 0.8629
				Adj R-squared	= 0.8433
Total	600318.118	16	37519.8824	Root MSE	= 76.673

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
bnp	.0007812	.0000909	8.59	0.000	.0005862	.0009762
realinvesteringer D1.	.0033396	.0007198	4.64	0.000	.0017959	.0048833
_cons	806.7625	166.0832	4.86	0.000	450.5495	1162.976

Fra resultatene ovenfor ser vi at begge forklaringsvariablene er signifikante på 1%-signifikansnivå, og at forklaringsevnen til modellen er betydelig bedre enn for modeller hvor kun en av variablene er inkludert.

Tabell 15

Korrelasjonsmatrise: vognkm og restledd for: $\text{vognkm}_t = \theta_0 + \theta_1 * \text{bnp}_t + \theta_2 * (\text{realinvest}_t - \text{realinvest}_{t-1}) + e_t$

	vognkm restledd	
vognkm	1.0000	
restledd	0.3703	1.0000

Korrelasjonen mellom den forklarte variabelen og restleddene har også falt betydelig etter at modellen ble revidert. Dette indikerer at vi kan ha løst problemet med utelatte variabler ved å inkludere både BNP og årlig endring i realinvesteringene.

Utslipp per vognkilometer

I modellen vi testet for utslipp per vognkilometer er det noe innslag av korrelasjon mellom den forklarte variabelen og restleddene.

Tabell 16

Korrelasjonsmatrise: utslipp per vognkm og restledd for: $utslipp_{prkm_t} = \beta_0 + \beta_1 * andelby_t + e_t$

	utslip~m	restledd
utslippprkm	1.0000	
restledd	0.5086	1.0000

Som nevnt tidligere kan transporteffektivitet være en mulig utelatt variabel. For å undersøke dette har vi testet en modell med kun *transporteffektivitet* som forklaringsvariabel (se vedlegg 3), men modellen hadde liten forklaringssevne. Dette indikerer enten at transporteffektivitet i liten grad påvirker utslipp per vognkilometer, eller at vår proxy ikke er et egnet mål for den faktiske transporteffektiviteten. Det kan derfor ikke utelukkes at den observerte korrelasjonen mellom forklart variabel og restledd skyldes at transporteffektiviteten er ekskludert. En annen mulig forklaring er at andre variable av betydning er utelatt. Til tross for mulige utelatte variabler er resultatene fra regresjonen såpass gode at vi velger å beholde modellen som den er.

Autokorrelasjon

Vi sjekket graden av autokorrelasjon i begge modeller ved å undersøke korrelasjonen mellom restleddene (e_t, e_{t-1}). Korrelasjonen er ikke så høy at vi anser det som strengt nødvendig å gjøre noe for å korrigere for dette.

Vognkilometer

Tabell 17

Korrelasjonsmatrise for restledd og restledd med lag fra: $vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * bnp_t + \beta_2 * (realinvest_t - realinvest_{t-1}) + e_t$

	restledd	restledd L.
restledd	1.0000	
L1.	0.1761	1.0000

Vi har også gjennomført en Durbin-Watson test, men resultatet var ikke entydig. Vi kan derfor ikke utelukke autokorrelasjon i modellen for vognkilometer.

Durbin-Watson d-statistic(3, 17) = 1.39341

Utslipp per vognkilometer

For utslipp per vognkilometer er det ingen tegn til autokorrelasjon av betydning.

Tabell 18

Korrelasjonsmatrise for restledd og restledd med lag fra: $utslipp_{prkm_t} = \theta_0 + \theta_1 * andelby_t + e_t$

		L.	
		restledd	restledd
restledd	--.	1.0000	
	L1.	0.1330	1.0000

Durbin-Watson testen viser at det ikke er problemer med autokorrelasjon, ettersom øvre grense for D-verdien er 1,255 som er lavere enn D-verdien for vår

modell: Durbin-Watson d-statistic(2, 17) = 1.487586

Grafisk fremstilling av modellens forklaringsevne

For å få et bedre bilde av modellenes forklaringsevne, er det hensiktsmessig å la modellene estimere verdier for henholdsvis vognkilometer og utslipp per vognkilometer. For eksempel kan vi, ved hjelp av modellen for vognkilometer, beregne hva totalt antall vognkilometer vil være basert på utviklingen i BNP og realinvesteringer. De estimerte verdiene kan deretter sammenlignes med de tilsvarende observerte dataene, for å få et bilde av hvor godt modellen forklarer den observerte utviklingen i dataene.

Vognkilometer

Figur 2



Som vi ser av grafen over ser de estimerte verdiene ut til å samsvare relativt godt med de observerte dataene. Det virker som det er størst avvik i årene mellom 1997-2002 der fallet i vognkilometer var mer vedvarende enn modellen vår klarer å reprodusere.

Utslipp per vognkilometer

Figur 3

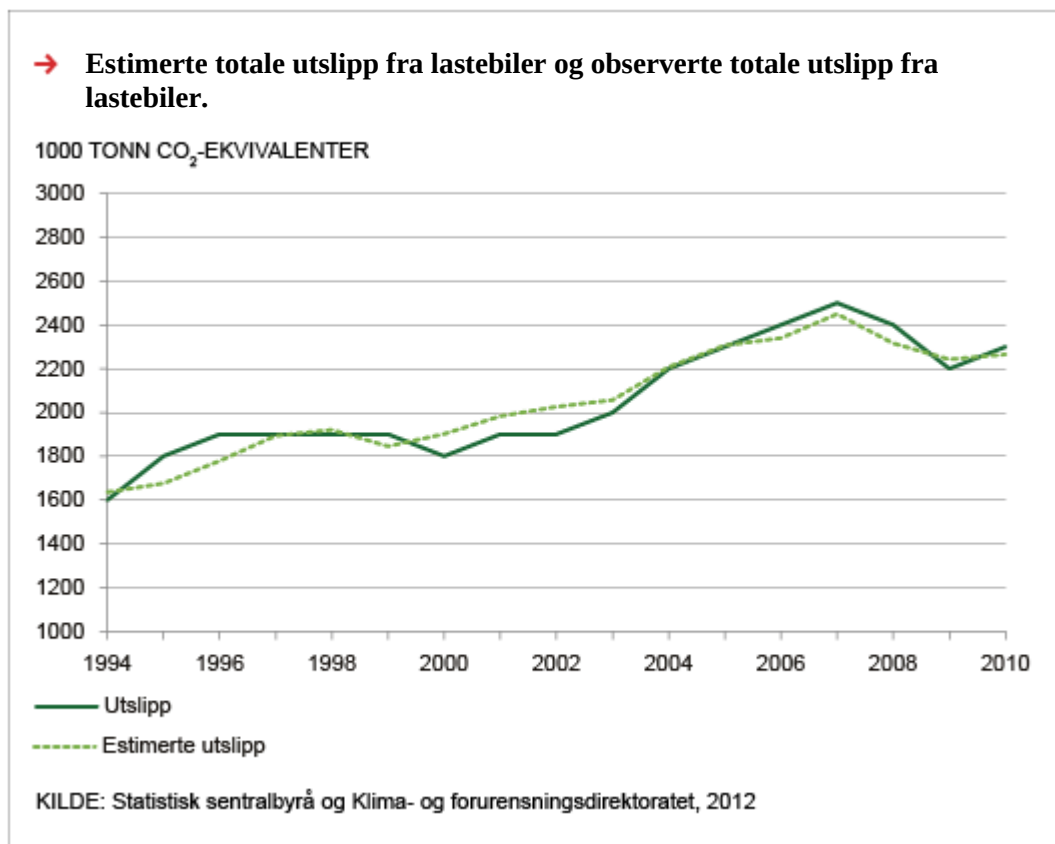


Vi ser av figuren over at modellen for utslipp per vognkilometer forklarer trendutviklingen greit, men at den ikke klarer å reproducere de mindre variasjonene. Dette styrker mistanken om at det er en eller flere variabler med forklaringskraft som er utelatt fra modellen. På grunn av tidsbegrensning har vi ikke muligheten til å undersøke dette nærmere i dette notatet. Det vil komme en revidering av utslippsregnskapet våren 2013 som vil rette opp underestimeringen av vognkilometer i årene 1990-1993 og dermed gi flere observasjoner, som kan gjøre det enklere å finne de manglende variablene.

Totale utslipp fra lastebiler

Fordi hovedformålet med analysen var å forklare klimagassutslipp fra lastebiler i Norge, er det interessant å vurdere hvor godt modellene våre treffer på aggregert nivå. Under har vi derfor vist en figur der observerte utslipp fra lastebilparken vises sammen med estimerte verdier for vognkilometer ganget med estimerte verdier for utslipp per vognkilometer, det vil si estimerte totale utslipp.

Figur 4



Som vi ser av diagrammet virker vår enkle modell å kunne estimererelatv godt hva årlige utslipp av klimagasser fra lastebiler i Norge, kun ut ifra tre variabler.

Konklusjoner fra analysen

Selv om det ved første øyekast virker som det er komplekst å forklare hva som påvirker utslippene fra lastebiler, viser vår analyse at utviklingen i hovedsak kan forklares ved hjelp av de tre variablene: BNP, årlig endring i realinvesteringene og andelen av befolkningen som bor i by.

Målet med analysen har kun vært å få et mer kvantitativt grunnlag for å kunne gjøre en bedre vurdering av årsakene bak utslippsutviklingen for lastebiler i Norge. Vi vil ikke tolke eller benytte de estimerte parameterverdiene, siden datagrunnlaget ikke er godt nok til å underbygge slike betraktninger. Vi mener likevel at resultatene er gode nok til å danne grunnlag for å konkludere med hva som virker å være de viktigste faktorene bak utslippsutviklingen i perioden vi har sett på.

Analysen viser at urbanisering i stor grad kan forklare trenden til utslippseffektiviteten for lastebiler. Når andelen personer som bor i by øker, vil dette medføre mer bykjøring for lastebilene, og utslippene per kjørte kilometer vil øke. Variasjonen rundt den generelle trenden, ser ut til å ha andre årsaker, men vår analyse har ikke klart å dokumentere hva disse kan være. Vi tror likevel at endringer i mengden gods som fraktes per tur kan være en driver for slike variasjoner.

Resultatene for vognkilometer er betraktelig mer robuste. Trenden er her hovedsakelig drevet av den generelle økonomiske aktiviteten (BNP), mens variasjoner rundt trenden ser ut til å være styrt av realinvesteringene.

Utslippene har steget betydelig i analyseperioden, dette kommer av at både vognkilometer og utslipp per kilometer har steget, selv om veksten i sistnevnte har vært moderat. Ettersom utslippseffektiviteten har hatt en relativt stabil utvikling i analyseperioden har de store variasjonene i utslippene i stor grad vært drevet av endringer i vognkilometer som igjen har vært styrt av økonomisk aktivitet og da først å fremst svingninger i realinvesteringene.

Når utslippsregnskapet er revidert kan nye analyser gi oss ytterligere informasjon, som kan føre til at konklusjonene må endres noe.

Vedlegg 1

Datagrunnlag

	Utslipp, lastebiler [1]	Vognkm, lastebiler [1]	Vognkm, eie- og leie[1]	Tonnkm, eie- og leie[1]	BNP [2]	Vare- konsum [2]	Realinvest[2]	Dieselpri[3]	Bensinpris[3]	Vektavgifts- dummy [4]	Utslipps- faktor [1]	Andel bosatt i by[5]
År	ktonn CO2	mill. km	mill. km	mill. tonn*km	mill. kr	mill. kr	mill. kr	kr/liter	kr/liter			% bosatt i by
1993	-	-	1 063	7 596	-	-	208 966	-	-	-	769	74 %
1994	1 598 679	1794	1 073	7 960	1 407 423	266 447	220 047	10.1	9.1	0	793	74 %
1995	1 763 781	2031	1 160	8 847	1 466 342	275 620	228 694	10.4	9.6	0	766	74 %
1996	1 870 232	2137	1 211	9 719	1 541 122	299 614	251 946	10.5	10.1	0	764	75 %
1997	1 870 408	2338	1 385	10 903	1 624 229	308 965	291 719	11.0	10.1	0	751	75 %
1998	1 928 045	2237	1 358	11 753	1 667 803	317 830	331 525	10.8	10.0	0	784	75 %
1999	1 891 554	2182	1 365	11 856	1 701 589	326 239	313 669	11.3	10.3	0	803	76 %
2000	1 813 198	2150	1 360	12 133	1 756 951	340 296	302 671	12.6	11.9	1	794	76 %
2001	1 925 113	2142	1 328	12 394	1 791 916	349 998	299 242	11.0	10.1	1	792	77 %
2002	1 923 875	2132	1 329	12 719	1 818 832	364 389	295 851	10.4	9.4	1	790	78 %
2003	2 010 619	2239	1 472	13 618	1 836 719	377 926	298 124	10.4	9.4	1	790	78 %
2004	2 150 744	2352	1 586	14 458	1 909 472	398 046	331 362	11.0	9.6	1	803	78 %
2005	2 300 192	2425	1 607	15 348	1 958 907	413 968	376 107	11.9	10.7	1	829	78 %
2006	2 416 572	2494	1 610	15 316	2 006 938	433 642	413 061	12.5	11.2	1	854	79 %
2007	2 468 726	2597	1 647	15 675	2 060 182	465 018	460 113	12.7	11.2	1	881	80 %
2008	2 365 800	2491	1 780	16 728	2 060 905	470 166	460 910	13.1	12.9	1	896	80 %
2009	2 241 324	2315	1 668	15 273	2 026 547	468 519	426 161	12.0	11.0	1	903	81 %
2010	2 284 946	2235	1 756	16 340	2 040 257	488 414	391 949	12.7	11.8	1	913	81 %

Vedlegg 2 Beregning av utslipp til luft fra veitrafikk i Norge

Statistisk Sentralbyrå (SSB) vedlikeholder veimodellen som blir brukt for å beregne utslipp fra biler og andre transportmidler på vei i Norge. De norske utslippsberegningene fra veitrafikk er samkjørt med internasjonalt arbeid på området gjennom å bruke beregningsmodellen HandBook of Emission Factors for Road Transport (HBEFA).

Beregningene i veimodellen kan forenklet beskrives som

Utslipp = aktivitetsdata * utslippsfaktorer

Beregningene foregår på et detaljert nivå hva inndeling av kjøretøyparken angår. Kjøretøyene er delt inn i subsegmenter basert på kjøretøytype, motorvolum/totalvekt, drivstofftype, teknologiklasse. Et subsegment kan da for eksempel være "Euro-2 bensin personbil med motorvolum mellom 1,4 og 2,0 liter". De viktigste aktivitetsdataene som inngår i veimodellen er:

Kjøretøyer:

- Antall kjøretøyer per segment og subsegment
- Aldersfordeling innad i hvert subsegment
- Antall dieserbiler med partikkelfilter for hvert subsegment hvert år

Kjørelengder:

- Antall kilometer kjørt for gjennomsnittsbilen i hvert subsegment
- Alderskorrigering av kjørelengder innad i hvert subsegment
- Andeler av kjøringen som foregår på ulike veityper/ i ulike hastigheter
- Antall stopp og lengden på disse/ antall starter/ antall turer

Drivstoff:

- Egenskaper ved drivstoff, som tidsserie (eks Euro-standard og bly- og svovelinnhold)

Ytre faktorer:

- Topografi (andeler av kjøring i oppoverbakke, nedoverbakke og flatt terreng)
- Temperatur, maks og min
- Atmosfærisk lufttrykk

Utslippsfaktorene fra håndboka (HBEFA) er valgt fordi det foreligger lite oppdatert nasjonal teknisk kompetanse om utslippsfaktorer. Det er imidlertid nødvendig med kunnskap om de utslippsfaktorene som benyttes i HBEFA, både for å ha kontroll på utslippsberegningene og for å kontrollere at utslippsfaktorene passer for norske forhold.

Beregningene basert på utslippsfaktorer fra modellen og aktivitetsdata sammenlignes med utslippene beregnet ut i fra salgstall for drivstoff. Top-down-beregningen av utslipp (dvs. salg av drivstoff) er høyere og brukes for å justere opp utslippene som beregnes bottom-up (dvs. veimodellen) for CO₂. Det er ikke avklart hvor uoverensstemmelsen mellom bottom-up og top-down-beregningene stammer fra. Noen utslipp, sånn som CO₂ og bly, er kun avhengig av drivstofforbruk og sammensetning av drivstoffet, mens andre utslipp, sånn som NO_x og lystgass (N₂O), avhenger av kjøremønster og motortemperatur. Det er derfor foretatt et valg om at bare CO₂-utslippene av klimagassene skal oppjusteres på bakgrunn av drivstoffsalg, mens de andre klimagassutslippene beholdes slik de fremkommer i bottom-up-beregningen.

Vedlegg 3 resultater for alternative modeller for utslipp pr vognkm

Source	SS	df	MS	Number of obs = 17		
Model	.018922677	1	.018922677	F(1, 15) = 9.58		
Residual	.029615429	15	.001974362	Prob > F = 0.0074		
				R-squared = 0.3899		
				Adj R-squared = 0.3492		
Total	.048538105	16	.003033632	Root MSE = .04443		

utslippprkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
transporteffektivitet	.0034178	.001104	3.10	0.007	.0010647	.005771
_cons	.4825719	.1377088	3.50	0.003	.1890526	.7760912

Bibliografi

- [1] SSB, *Veitrafikkmodellen, utslippsregnskapet*, 2012.
- [2] SSB, «SSB statistikkbanken, tabell 09189,» september 2012. [Internett]. Available: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=09189.
- [3] Norsk Petroleumsinstitutt, «www.np.no/priser/,» [Internett]. Available: <http://www.np.no/priser/>. [Funnet 20 oktober 2012].
- [4] TAD, «TAD rapport Norges avgiftshistorie 2011,» 2011.
- [5] SSB, «Statistikkbanken tabell 05212,» [Internett]. Available: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=02.01&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=02. [Funnet 20 oktober 2012].

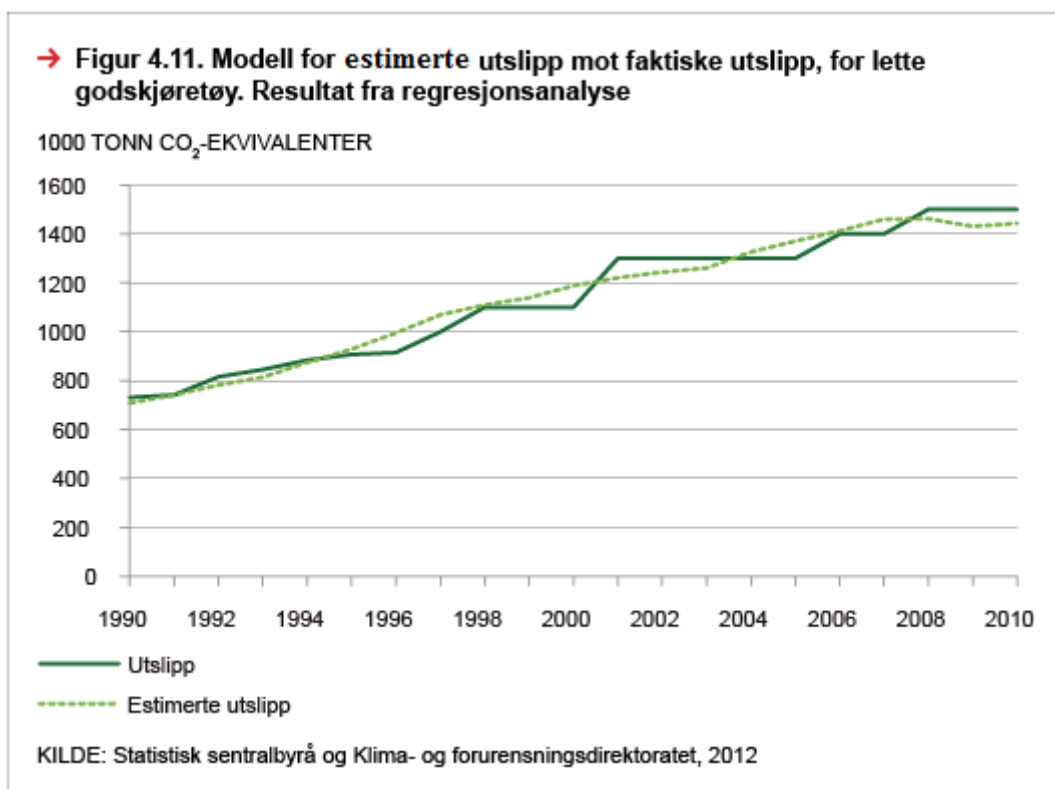
Regresjonsanalyse av utslipp fra lette kjøretøy (vedlegg F)

Tabell 1: Resultat fra regresjon av modellen: $utslipp_{lettekjøretøy,t} = \beta_0 + \beta_1 * bnp_t + e_t$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	21
Model	1.2992e+12	1	1.2992e+12	F(1, 19) =	1006.87
Residual	2.4516e+10	19	1.2903e+09	Prob > F =	0.0000
Total	1.3237e+12	20	6.6185e+10	R-squared =	0.9815
				Adj R-squared =	0.9805
				Root MSE =	35921

utslipp	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
bnp	.8970338	.0282697	31.73	0.000	.8378647 .956203
_cons	-387313.7	48825.79	-7.93	0.000	-489507.2 -285120.1

Figur 1:



Tabell 2: Datagrunnlag med kildehenvisninger

	Utslipp, lette kjøretøy [1]	Bnp [2]
År	ktonn CO2	mill. km
1990	731009	1221144
1991	742318	1259066
1992	816105	1303425
1993	844656	1339746
1994	884555	1407423
1995	907683	1466342
1996	914936	1541122
1997	1024030	1624229
1998	1124460	1667803
1999	1127769	1701589
2000	1146710	1756951
2001	1253041	1791916
2002	1261994	1818832
2003	1271806	1836719
2004	1309667	1909472
2005	1331897	1958907
2006	1393915	2006938
2007	1443882	2060182
2008	1465571	2060905
2009	1466099	2026547
2010	1517686	2040257

Siterte verk

[1] SSB, *Veitrafikkmodellen, utslippsregnskapet*, 2012.

[2] SSB, «SSB statistikkbanken, tabell 09189,» september 2012. [Internett]. Available:
http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=09189.

Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@klif.no

www.klif.no

Om Klima- og forurensningsdirektoratet

Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) er fra 2010 det nye navnet på Statens forurensningstilsyn. Vi er et direktorat under Miljøverndepartementet med 325 ansatte på Helsfyr i Oslo. Direktoratet arbeider for en forurensningsfri framtid. Vi iverksetter forurensningspolitikken og er veiviser, vokter og forvalter for et bedre miljø.

Våre hovedoppgaver er å:

- redusere klimagassutslippene
- redusere spredning av helse- og miljøfarlige stoffer
- oppnå en helhetlig og økosystembasert hav- og vannforvaltning
- øke gjenvinningen og redusere utslippene fra avfall
- redusere skadevirkningene av luftforurensning og støy

TA-3027 /2013