



Elastisiteter i biltransporten

En empirisk undersøkelse av bomringen i Oslo fra 1991 til 2008

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 653



Tittel

Elastisiteter i biltransporten

Undertittel

En empirisk undersøkelse av bomringen i Oslo fra 1991 til 2008

Forfatter

Thorkild Bretteville-Jensen

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Transportplanlegging

Prosjektnummer**Rapportnummer**

Nr. 653

Prosjektleder

James Odeck

Godkjent av

Anne Ogner

Emneord

Elastisiteter, Bomring, Generaliserte kostnader, Fixed Effects, Random Effects

Sammendrag

Målet med denne rapporten er å estimere priselastisiteten i bomavgiften i Oslo, dvs. å undersøke i hvilken grad trafikkvolumet i Oslo reduseres som følge av realøkninger i bomavgiften.

Title

Elasticities in road transportation

Subtitle

An empirical examination of toll roads in Oslo from 1991 to 2008

Author

Thorkild Bretteville-Jensen

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Transport Planning

Project number**Report number**

No. 653

Project manager

James Odeck

Approved by

Anne Ogner

Key words

Elasticities, Toll Road, Generalised Costs, Fixed Effects, Random Effects

Summary

The aim of this report is to estimate the price elasticity of toll in Oslo, ie. to examine the extent to which the volume of traffic in Oslo is reduced as a result of real increases in toll road taxes.

Forord

Denne rapporten er skrevet av Thorkild Bretteville-Jensen i forbindelse med et sommerprosjekt i Statens Vegvesen, Vegdirektoratet. Jeg ønsker å rette en stor takk til James Odeck og Anne Kjerkreit for god veiledning og frihet i utformingen av rapporten. En takk rettes også til øvrige kolleger i seksjonen for transportplanlegging, ved overordnet leder er Anne Ogner, for faglige samtaler og innspill, og spesielt til Eirik Presterud ved NHH for et godt samarbeid gjennom hele prosessen.

Thorkild Bretteville-Jensen,
Brynseng, august 2016

Sammendrag

Vegdirektoratet gjennomfører jevnlig undersøkelser med hensikten å avdekke hvordan trafikkvolumet og kjøremønster påvirkes av innføringer og fjerning av bompengeneinnkrevninger. Målet med denne rapporten er å estimere priselastisiteten i bomavgiften i Oslo, dvs. å undersøke i hvilken grad trafikkvolumet i Oslo reduseres som følge av realøkninger i bomavgiften.

Antallet passeringer i Oslos bomring vil benyttes som et mål for trafikkvolum, og her foreligger det tall på månedsbasis for årene 1991 til 2008 for de totalt 19 bomstasjonene. Denne typen data motiverer for en paneldata-analyse, som kan gi gode estimeringsmodeller ved at man observerer de samme enhetene (stasjonene) over en tidsperiode.

Resultatet fra Random Effects-estimering gir en priselastisitet i bomringen på mellom -0,12 og -0,14. Dette estimatet er lavere enn estimater funnet fra lignende studier, gjort på landsbasis. Resultatene antyder også at andre kostnader tilknyttet til bilkjøring, som f.eks. tidskostnader, ikke har like stor betydning som bomtakstene, med hensyn til antallet passeringer i bomringen.

I denne rapporten vil ideene rundt generaliserte kostnader vil bli presentert i kapittel 2. Datagrunnlaget vil bli beskrevet og diskutert i kapittel 3, og i kapittel 4 vil den empiriske metoden bli redegjort for. Resultatene blir presentert og drøftet i kapittel 5, med et sammendrag og forslag til forbedringer i kapittel 6.

Innhold

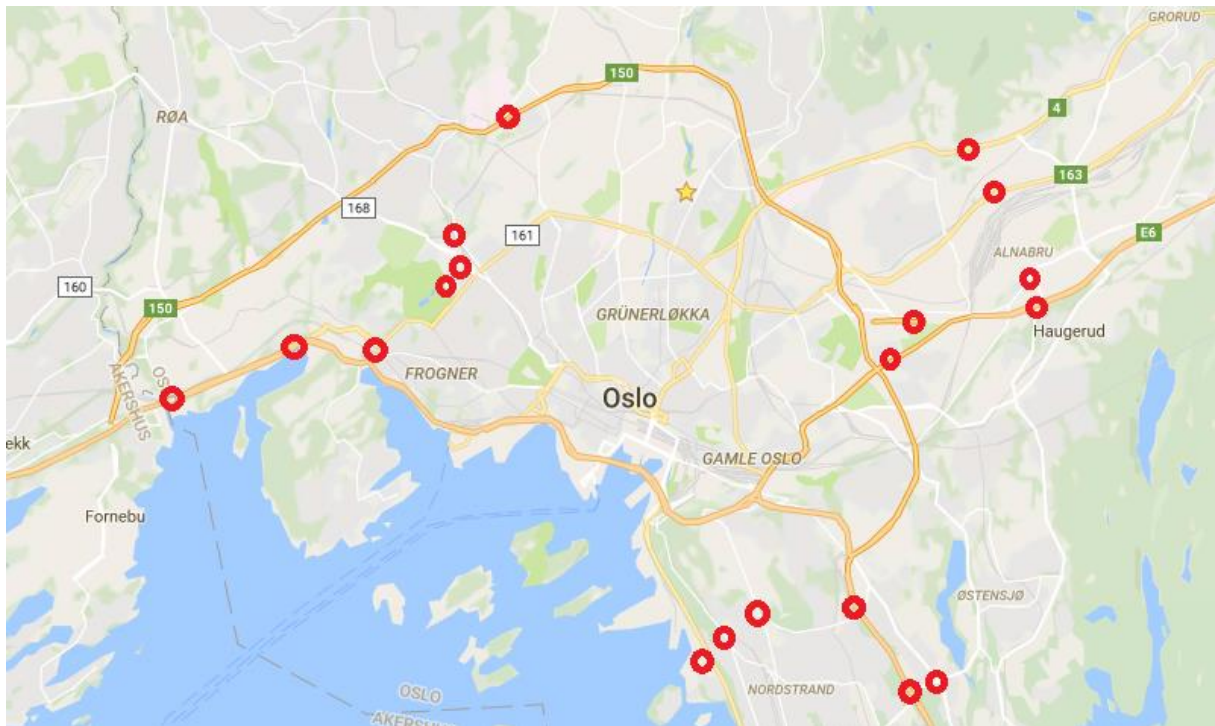
1. Bomringen i Oslo	1
1.1 Introduksjon	1
1.2 Elastisitet	2
2. Generaliserte kostnader	3
2.1 Introduksjon	3
2.2 Tidskostnader	4
2.3 Distanseavhengige kjøretøyskostnader	4
2.4 Bomkostnader	5
2.5 Beregning av generaliserte kostnader	5
3. Data	7
3.1 Datakilder	7
3.2 Deskriptiv statistikk	8
3.3 Svakheter ved datasettet	17
4. Modelling	18
4.1 Estimering	18
4.2 Teoretiske modeller	18
4.3 Empiriske utfordringer	20
5. Resultater	21
5.1 Statiske modeller	21
5.2 Dynamiske modeller	27
6. Diskusjon og sammendrag	29
6.1 Styrker, svakheter og fremtidige utvidelser	29
6.2 Sammendrag	29
7. Referanser og appendiks	31
Appendiks A: Referanser	31
Appendiks B: Detaljerte modellspesifikasjoner	33
Appendiks C: Tabeller	34

1. Bomringen i Oslo

1.1 Introduksjon

Bomringen i Oslo ble innført i 1990, og inntektene fra stasjonene var myntet på å intensivere utbygging av infrastruktur og prosjekter som omhandler trafikk og trafiksikkerhet. Det ble etter hvert åpnet opp for å bruke bominntektene til å styrke kollektivtilbudet. I dag eksisterer det totalt 19 stasjoner i Oslo, og de er plassert på alle de viktigste innfartsårene mot sentrum.

I 2015 bidro bomringen med cirka 2,4 milliarder kroner til utbedring av infrastruktur og byutvikling (Fjellinjen AS, 2016). Med om lag 113 millioner passeringer i året er bomringen en viktig inntektskilde for Oslo og Akershus fylke, og vil utgjøre en stor del av finansieringen av «Oslopakke 3» de kommende årene.



Figur 1-1: Angir hvor i Oslo de forskjellige bomstasjonene befinner seg.

Bomstasjonene befinner seg i 3 – 8 kilometer utenfor sentrum, og det er ikke mulig å bevege seg inn til Oslo sentrum uten å passere minst en av bommene. Man betaler kun på strekningene inn mot sentrum. Av de betalende kundene, er en stor andel fra Akershus, hvor 40 prosent av de sysselsatte pendler til jobb (Akershus kommune, 2015).

Takstene for bomplassering er vedtatt av Statens Vegvesen, og er lik for alle bommene. Etter å ha passert den første bommen, kan man passere avgiftsfritt gjennom påfølgende bommer i én time. Kundene har tidligere kunnet benytte seg av ulike rabattordninger som klippekort og periodekort, men i dag er det påbudt med AutoPass, som også gir 10 prosent pris-avslag. Ett av forslagene i den nye «Oslopakke 3»

er innføring av rushtidsavgift som vil gjelde fra mars 2017. Rushtidsavgift har allerede blitt innført i andre byer som Bergen og Kristiansand.

Fjellinjen AS er selskapet som drifter bomstasjonene, og er eid av Oslo Kommune (60 %) og Akershus Kommune (40%).

1.2 Elastisitet

Elastisitet er det konseptet som oftest brukes til å måle endringer i etterspørsel som følge av endringer i faktorer som bestemmer nivået på etterspørselen. I denne analysen vil antall passeringer i bomringen brukes som et mål (proxy) for etterspørsel etter bilkjøring i Oslo-regionen. Etterspørsel-elastisiteten etter bilkjøring vil vise den prosentvise endringen i antall passeringer ved prosentvise endringer i generaliserte kostnader, gjennom endringer i blant annet bomtakstene. For å oppnå et godt estimat på denne følsomheten vil det være nødvendig å kontrollere for et sett med øvrige variabler som antas å ha påvirkning på antall passeringer.

Prisfølsomhet med hensyn til de generaliserte kostnadene kan defineres som

$$(1.1) \quad \frac{\text{Relativ endring i etterspørsel etter kjøring}}{\text{Relativ endring i generaliserte kostnader}} = \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right) / \left(\frac{\Delta x_i}{x_i}\right) ,$$

hvor ΔY er endringen i etterspørsel for endogen variabel Y , og Δx_i er endringen i forklaringsvariabel i , som i dette tilfellet er generaliserte kostnader. I praksis kan prisfølsomheten estimeres på mange ulike måter, og den mest presise metoden avhenger av proporsjonene på forklaringsvariablene. Generaliserte kostnader vil beskrives i mer detaljert i kapittel 2, men i mange tilfeller vil endringene fra år til år være så marginale at elastisiteten kan defineres ved en såkalt punkt-elastisitet. Punkt-elastisitet kan skrives som følgende,

$$(1.2) \quad e_{x_i}^{\text{punkt}} = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right) / \left(\frac{\Delta x_i}{x_i}\right) = \frac{x_i}{y} \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)$$

I denne analysen vil korttids-effektene for elastisitet beregnes til effekter innenfor ett år, mens langtidseffekten vil beregnes til effektene innenfor to år.

2. Generaliserte kostnader

2.1 Introduksjon

For å estimere effektene av økte bomkostnadene, er det vanlig å se på hvordan kostnadene påvirker størrelsen på de generaliserte kostnadene (GK). GK angir trafikantens samlede reiseoppofrelse ved en reise, og består i hovedsak av tre ulike komponenter. Den første er verdien av tidsbruk ved reisen, som vil variere både mellom individer og for et individ i ulike situasjoner og reisetypen. Tid er en svært begrenset ressurs, slik at tid som benyttes til et formål vil alltid gå på bekostning av en alternativ anvendelse.

Trafikanters tidsvurderinger har benevnelse kroner per time og vektet med personbelegg. Tidsvurderingene er sortert og rangert etter reisemål. For tjenestereiser er det antatt at reisetiden alternativt kunne vært brukt til mer arbeid, og derfor verdsettes reisetiden til gjennomsnittlig lønnskostnad for arbeidsgiver. For reiser til og fra arbeid, og for fritidsreiser er verdsettingen basert på spørreundersøkelser som kartlegger trafikantens betalingsvillighet etter reisetidsbesparelser.

Den andre komponenten i GK består av driftskostnader ved bilen. Eksempler på dette er utgifter til drivstoff, reparasjoner, avskrivning og andre kostnader i forbindelse med avstandsavhengige forhold.

Den tredje komponenten er utgifter i forbindelse med bomstasjoner. For noen vil denne kostnadsposten utgjøre en stor andel av de totale kostnadene (kort reisevei, men passerer en bom), mens den for andre vil utgjøre en marginal utgift av de totale reisekostnadene. For den første typen trafikanter vil variasjon i takstene potensielt ha stor innvirkning i etterspørselen etter kjøring, mens den for den andre typen reisende kan ha en nærmest neglisjerbar effekt.

En kostnadspost som ikke vil bli diskutert i denne rapporten er utgifter knyttet til parkering. Parkeringskostnadene antas å utgjøre en viss andel av de totale generaliserte kostnadene (spesielt for fritidsreiser), men utelates i beregningen av generaliserte kostnader. Årsaken er mangel på tall for omfang og priser for parkering i Oslo. Parkeringsutgifter kan likevel være av triviell betydning for reisende, da det i 2015 var 55 % av arbeidstakere med arbeidsplass i Oslo som oppga at de parkerte gratis i sentrum (Christiansen m. fl., 2015).

De generaliserte reisekostnadene for et individ i kan derfor skrives på følgende måte

$$(2.1) GK_i = Tidskostnad_i + Driftskostnader_i + Bomutgifter_i$$

For å aggregere GK fra individ til regionsnivå vil GK beregnes for en gjennomsnittsreise med bil for reisende i Oslo og Akershus fra år til år. Realpriser for drivstoff og takster i bomringen vil kombineres med tidsverdsettinger fra Statens Vegvesens konsekvensanalyser for å beregne et estimat, samt informasjon om distanse og reisevaner fra reisevaneundersøkelser (RVU).

Verdsetting av tid er delt inn i tre typer reiser; jobbreise, til/fra jobb og fritidsreiser. Aggregert GK vil vektas etter andelen av typen reiser som utføres i Oslo-regionen og justeres for konsumprisindeksen (KPI) hvert år. Tidskostnaden vil også måtte vektas med varigheten for en reise i regionen, og denne informasjonen innhentes fra RVU-ene.

2.2 Tidskostnader

Kostnader i forbindelse med reisetid utgjør en stor del av de generaliserte kostnadene. Estimatenes for tidskostnader baserer seg på undersøkelser om trafikantenes reisevaner og tidsvurderinger og publiseres i Vegvesenets konsekvensanalyser. Disse håndbøkene utkommer med ujevne tidsintervaller, og det er en betydelig variasjon i tidskostnadene for år til år.

Det kan være flere årsaker til variasjonen over tid. Det er en mulighet at det faktisk har vært endringer i tidsvurderingen over tid, men det er mest nærliggende å tro at det har vært en utvikling i verktøyet for estimere tidskostnadene, og at variasjonen i kostnadene mellom årene i stor grad skyldes dette.

I mangel på gode alternativer for å kontrollere for estimeringsendringene vil det siste estimatet for tidskostnad fra 2014 benyttet for hele perioden mellom 1991 og 2008, justert for inflasjon. Estimatet for 2014 benyttes fordi det antas som det mest nøyaktige og raffinerte estimatet.

Tidskostnadene er estimert i kroner per time, og det er derfor interessant å ta med gjennomsnittlig tid brukt på bilreiser i de forskjellige årene. I følge RVU fra 2009, har det vært en stabil tidsbruk for bilister i tidsrommet, hvor estimert gjennomsnittlig reisetid kun har variert mellom 16,6 og 18 minutter (tabell 5.5, RVU 2009)

2.3 Distanseavhengige kjøretøyskostnader

Distanseavhengige kjøretøyskostnader omfatter kostnader til drivstoff, olje og dekk, reparasjoner og vedlikehold, samt avskrivninger med henhold til distanse. Kostnadene varierer med typen kjøretøy, og inndeles mellom lette og tunge kjøretøy.

2.3.1. Drivstoffkostnader

Drivstoffkostnader er utgifter i forbindelse med innkjøp av bensin og diesel. Strømutgifter er sett bort fra i denne analysen, ettersom det var et ubetydelig antall el-biler på veiene i tidsrommet. Antagelser om hvor mye drivstoff et kjøretøy konsumerer per kilometer er hentet fra Statens Vegvesens Konsekvensanalyse fra 2014, og varierer mellom de to typene for drivstoff, men antas konstant over tid¹. Det antas at en bensinbil bruker 7 liter per 10 mil og at en dieselbil bruker 5 liter.

¹ Det er mulig dette er en urimelig antagelse, og i så fall en svakhet ved modelleringen

For å aggregere drivstoffkostnadene til regionsnivå er kostnadene til de to typene drivstoff vektet med andelen bensin- og diesel-biler i regionen (SSB,2015)

2.3.2 Andre distanseavhengige kostnader

Andre kostnader, som reparasjoner og kapitalkostnad, er hentet fra tabell 5-2 i konsekvensanalysen for 2014. For lette kjøretøy er det beregnet en kostnad per kilometer til 1,99 kroner, og for tunge kjøretøy, 3,3 kroner, som er konstant for hele perioden. For å aggregere til regionsnivå, vil kostnad per kilometer multipliseres med gjennomsnittlig kilometer-lengde for en reise med bil i regionen. For Oslo og Akershus har den variert med 10,3 og 12,9 kilometere i perioden.

2.4 Bomkostnader

Den tredje og siste kostnadsposten i de generaliserte kostnadene er privatøkonomiske utgifter til bomringen. Pristakstene i bomringen har hovedsakelig vært justert i henhold til KPI, men siden dette ikke har blitt gjort på en årlig basis, har det vært en viss variasjon i realprisene fra år til år.

Noen av taksthoppene har kommet som et resultat av politiske vedtak, som i 2008, da det ble bestemt at satsning på kollektivtransport i Oslo i større grad skulle driftes av inntektene fra bomringen. Dette var en del av bestemmelsene i «Oslopakke 3». 2008 er også det eneste året i undersøkelsesperioden hvor taksten for tungtransport er det tredobbelte og ikke det dobbelte av lettransport, som det er i øvrige år.

Det har ikke vært mulig å kontrollere for rabattordninger, da bomselskapet ikke har gitt tilgang til omfanget av passerende med reduserte takster i tidsperioden.

2.5 Beregning av generaliserte kostnader

For å lage et estimat for generaliserte kostnader for regionen på tidspunkt t aggregeres et mål for generaliserte kostnader for en gjennomsnittsreise.

Tar utgangspunkt i (1.1) fra kapitel 1.

Gjennomsnittlig tidskostnad må beregnes ut fra at det er forskjellige kostnader knyttet til forskjellige typer reiser. Kan skrives som

$$(2.2) \quad Tidskostnad_t = Reisetid_t \left[\begin{array}{l} (Tjeneste_t)(AndelTjeneste_t) + \\ (Tillogfrazjobb_t)(AndelTillogfra_t) + \\ (Fritid_t)(AndelFritid_t) \end{array} \right]$$

Hvor $Tidskostnad_t$ angir tidskostnaden på tidspunkt t , $Reisetid_t$ angir gjennomsnittlig reisetid i regionen på tidspunkt t . $Tjeneste_t$, $Tillogfrazjobb_t$ og $Fritid_t$ angir tidskostnadene ved de forskjellige typene reisene til tidspunkt t for hhv tjenestereiser, til og fra jobb og fritidsreiser med de følgende andelene av hver type til tidspunkt t .

For driftskostnader på tidspunkt t må man hensyn til at kostnadene er forskjellige for ulike kjøretøy

$$(2.3) \quad \text{Driftkostnader}_{ts} = \text{Drivstoffkostnader}_{ts} + \text{AndreKostnader}_{ts}$$

Hvor $\text{Driftkostnader}_{ts}$ angir driftskostnader til tidspunkt t for kjøretøy-type s.

Drivstoffkostnadene varierer over tid og mellom biler som benytter diesel og bensin.

$$(2.4) \quad \text{Drivstoffkostnader}_t = \text{Distanse}_t \left[\begin{array}{l} (\text{AndelBensin}_t)(\text{LiterBKM})(\text{BensinPris}_t) + \\ (\text{AndelDiesel}_t)(\text{LiterDKM})(\text{DieselPris}_t) \end{array} \right]$$

Hvor $\text{Drivstoffkostnader}_t$ angir en gjennomsnittsreises kostnader knyttet til drivstoff på tidspunkt t. Drivstoffkostnad per kilometer er aggregert med distansen for en gjennomsnittreise i regionen på tidspunkt t. Distansen for en gjennomsnittreise på tidspunkt t er gitt ved Distanse_t . Andelen av bilene med de to typene drivstoff er representert ved (AndelBensin_t) og (AndelDiesel_t) på tidspunkt t. Som nevnt i avsnitt 2.3.1 er bensin og diesel som bilen konsumerer per kilometer tidsinvariant, og er i (2.4) representert ved (LiterBKM) og (LiterDKM) . Literprisen for bensin og diesel på tidspunkt t er angitt ved hhv. (BensinPris_t) og (DieselPris_t) .

Andre kostnader, som reparasjoner og kapitalkostnad, er hentet fra tabell 5-2 i konsekvensanalysen for 2014, og regnes som kostnad per kilometer.

$$(2.5) \quad \text{AndreKostnader}_{ts} = \text{Distanse}_t(\text{KostnadPerKM}_{ts})$$

Kostnaden for en gjennomsnittreise i regionen på tidspunkt t vil derfor aggregeres med distansen for en gjennomsnittreise, representert ved Distanse_t . Kostnad per kilometer for kjøretøytype s på tidspunkt t angis ved $(\text{KostnadPerKM}_{ts})$.

Bomkostnad for kjøretøy s på tidspunkt t er simpelthen bomtaksten for kjøretøy s til tidspunkt t.

$$(2.6) \quad \text{Bomkostnad}_{ts} = \text{Bomtast}_{ts}(\text{Andel})$$

Bomtasten for kjøretøytype s på tidspunkt t er representert ved Bomtast_{ts} . For å aggregere bomkostnadene til region antas det at 90 prosent av passeringene i bomringen er lettransport og 10 prosent er tungtransport.

3. Data

3.1 Datakilder

Datamaterialet som brukes i analysen har mange ulike opphav, men er utelukkende basert på kvantitative undersøkelser, registreringer og makroverdier. Innsamlet data er organisert som et panel, hvor hver bomstasjon utgjør individ-dimensjonen. En av ulempene med paneldata er at det oftere forekommer manglete verdier, og dette er også tilfellet for enkelte av variablene i datasettet. Dette er løst med generaliseringer og predikasjoner i den grad det har vært mulig.

Antall passeringer er basert på tall fra Fjellinjen AS, som er bomselskapet med ansvar for Oslo og Akershus. Tall for 1991 til 1993 er oppgitt som gjennomsnittlige dagspasseringer, og tall fra 1994 til 2008 er oppgitt som antall passeringer per måned. Passeringstallene er aggregert til årsnivå, og omgjort til gjennomsnittlige passeringer per måned, for å gjøre år hvor det mangler passeringsdata i enkelte måneder sammenlignbare med år uten mangler. Pristakstene i bomringen til ulike år er også hentet fra Fjellinjen AS, og som nevnt i avsnitt 2.4, har prisene her vært justert for KPI og ulike politiske vedtak.

Tall for reisemønster i befolkningen er hentet fra Den Nasjonale Reisevaneundersøkelsen (RVU). Transportøkonomisk institutt er ansvarlig for undersøkelsen, som er en omfattende kartlegging av norske reisevaner. RVU er blitt gjennomført omtrent hvert fjerde år mellom 1991 og 2008.

Informasjon om kollektivtilbudet i Oslo-regionen er hentet fra årsrapporter til Sporveien AS fra 2004 til 2006, og Ruter AS fra 2007 til 2008. Det har ikke lyktes å innhente tall fra tidligere år.

For estimeringen av GK, er priser på drivstoff er hentet fra Statistisk Sentralbyrå (SSB 2016a), som de har utarbeidet i samarbeid med Norsk Petroleumsinstitutt (NP). Andre kostnader i forbindelse med kjøring, som tidskostnader og kapitalkostnader, er hentet fra Statens Vegvesens Konsekvensanalyse for 2014.

Tall for inntekt er innhentet fra SSB, (SSB, 2016b). For inntekt vil det for hvert år brukes et vektet snitt av bruttoinntekten for Oslo og Akershus, basert på befolkningsandelen i de to fylkene. I modelleringen vil befolkning representeres ved antallet innbyggere i Oslo og Akershus mellom 20 og 60 år, ettersom dette er det er aldersgruppen hvor flest har tilgang til egen bil. Tall for befolkning i Oslo-regionen (Oslo og Akershus) er hentet fra SSBs statistikkbank (SSB, 2016c).

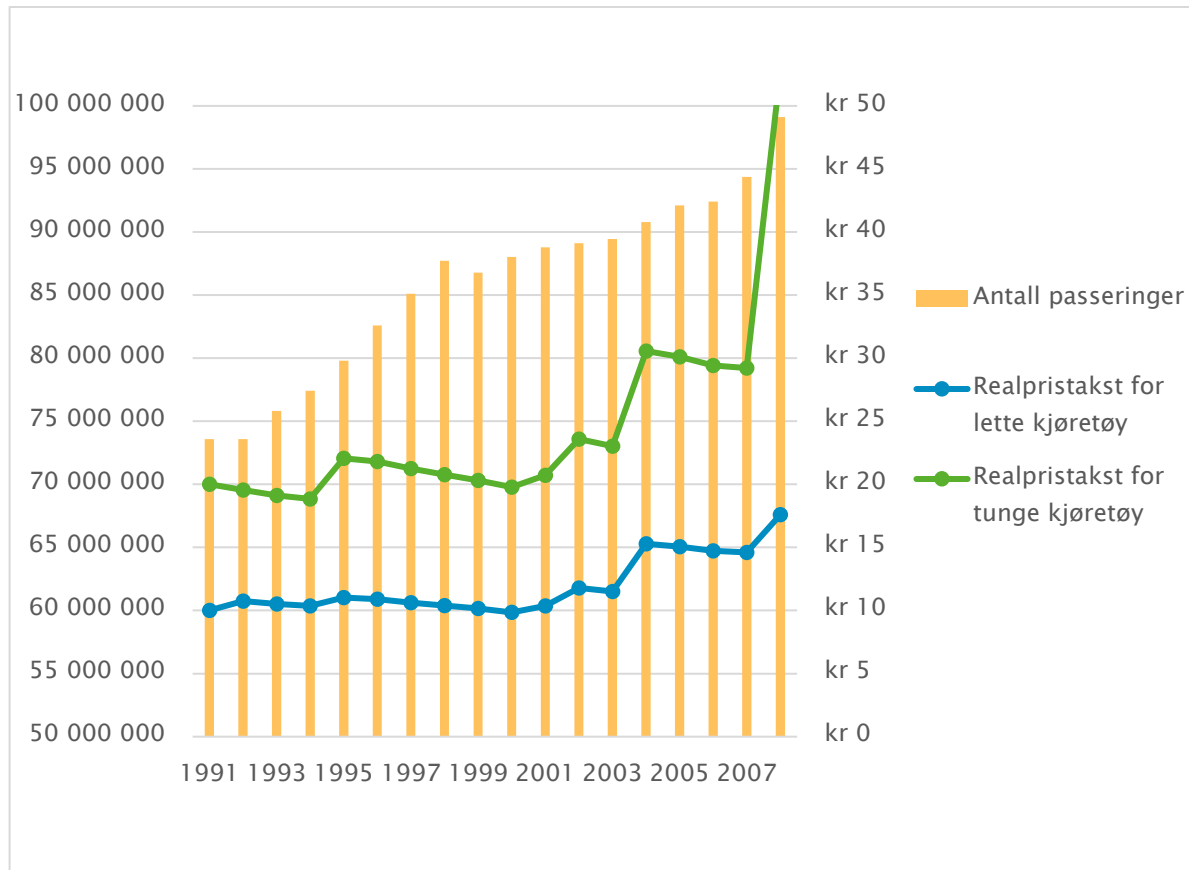
Informasjon om endringer i infrastrukturen for vei er basert på rapportert utgitt av Statens Vegvesen, i forbindelse med avslutningen av «Oslopakke 1» og «Oslopakke 2».

Appendiks A gir en mer presis henvisning til referanser og kildematerialet.

3.2 Deskriptiv statistikk

3.2.1 Bomplasseringer

Totalt antall passeringer i bomringen har vært stabilt voksende i tidsrommet 1991 til 2008. Med unntak av 1999, har det hvert år vært flere biler på veiene enn i det foregående året. Tabell 3-1 viser hvordan antall passeringer har utviklet seg, sammen med variasjonen i realpristakstene for lett- og tungtransport i Oslo.



Tabell 3-1: Antall passeringer i bomstasjonene i Oslo som stolper, med antallet angitt på primæraksen. Realtaksten i bomringen for hhv lette og tunge kjøretøy som linjediagram, med kroneverdi på sekundæraksen. År 1991 til 2008, kroneverdi i 1991-kroner. Basert på tall fra Fjellinjen AS.

Tabell 3-1 viser at det har vært en relativt stabil realtakst i bomringen på 1990-tallet, spesielt for lette kjøretøy. Etter millenniumskiftet har realtakstene hatt en viss oppgang, men til tross for dette har antall passeringer fortsatt å øke. I 2001 ble «Oslopakke 2» innført, og med det fulgte en prisøkning på 25 prosent, som ble avrundet til nærmeste hele 5 krone. I 2004 ble taksten for lette kjøretøy økt til 20 kroner, og dette var en økning som ble godkjent av Vegdirektoratet ettersom det var ventet at økningen ville gi enklere trafikkavvikling. For tunge kjøretøy har det vært en større variasjon i realtakstene, og særlig i 2008 da «Oslopakke 3» ble innført (Autopass, 2008).

3.2.2 Modellvariabler

Tabell 3-2 viser deskriptiv statistikk for endogen variabel og forklaringsvariablene i modellene som skal benyttes til å analysere priseffektene.

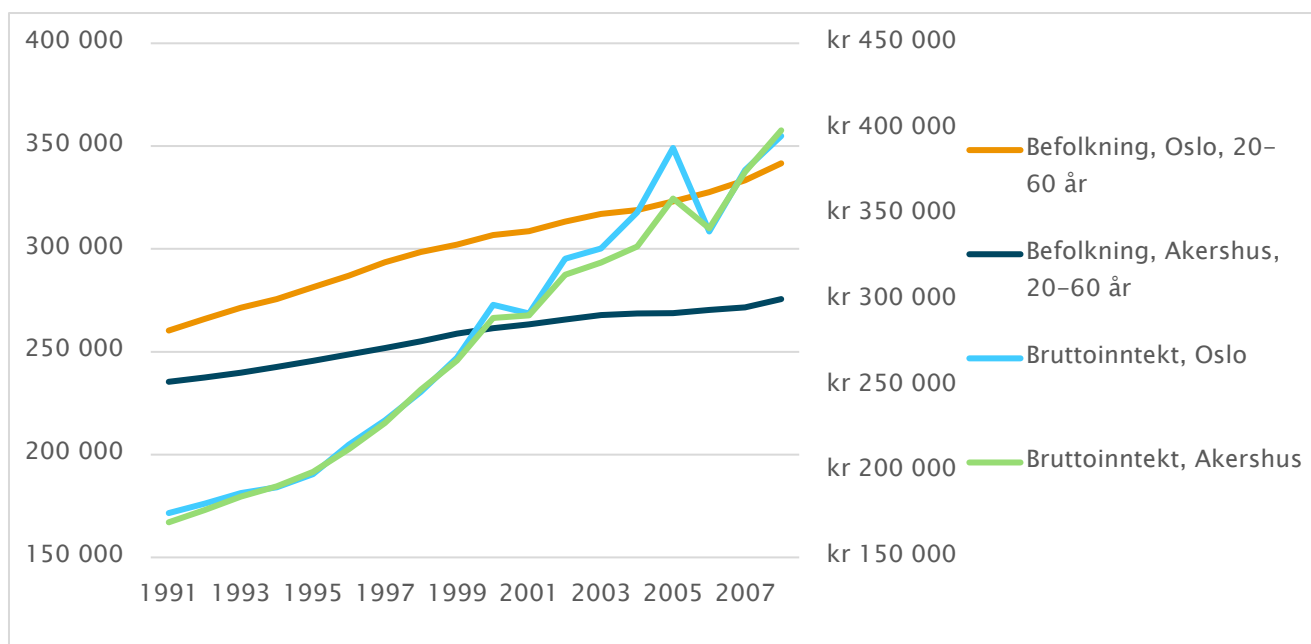
Variabel		Gj.snitt	Standardfeil	Min	Maks	Observasjoner
Stasjon	Overall	10	5.49	1	19	N = 342
	between		5.63	1	19	n = 19
	within		0	10	10	T = 18
År	Overall	1999.5	5.2	1991	2008	N = 342
	between		0	1999.5	1999.5	n = 19
	within		5.2	1991	2008	T = 18
Antall Passeringer	Overall	375324	339834	0	1407960	N = 342
	between		341159	35122	1158854	n = 19
	within		70002	39135	624429	T = 18
Generaliserte Kostnader	Overall	74.97	4.94	69.72	88.23	N = 342
	between		0	74.97	74.97	n = 19
	within		4.94	69.72	88.23	T = 18
Brutto Reallønn	Overall	225136	37302	173309	282524	N = 342
	between		0	225136	225136	n = 19
	within		37302	173309	282524	T = 18
Populasjon	Overall	558626	35864	495724	617243	N = 342
	between		0	558626	558626	n = 19
	within		35864	495724	617243	T = 18

Tabell 3-2: Deskriptiv statistikk av de avhengige variabel og forklaringsvariablene, årene 1991 til 2008. Kroneverdier i 1991-NOK.

Det er totalt 19 stasjoner og 18 observasjonsår. Som man ser av tabellen er varierer ikke stasjonene innenfor seg selv (within), og tid varierer ikke mellom stasjonene (between). Når det kommer til antall passeringer ser man at det er høyere variasjon mellom stasjonene enn over tid. Gjennomsnittlig antall passeringer er 375 324 per måned for hver stasjon, men enkelte stasjoner har godt over en million passeringer. Bomstasjonen ved E6 Djupdalsveien hadde i 2008 en gjennomsnittlig 1,4 millioner passeringer i måneden, som er den høyeste registrerte målingen i tidsrommet.

Siden bomstakstene ikke varierer mellom stasjonene, vil de generaliserte kostnadene variere kun over tid. GK for en gjennomsnitreise i 1991 er beregnet til 69,72 kroner, mens for en gjennomsnitreise i 2008 er den beregnet til 88,23 kroner, justert for KPI. Det er en realøkning på 26,5 prosent i perioden.

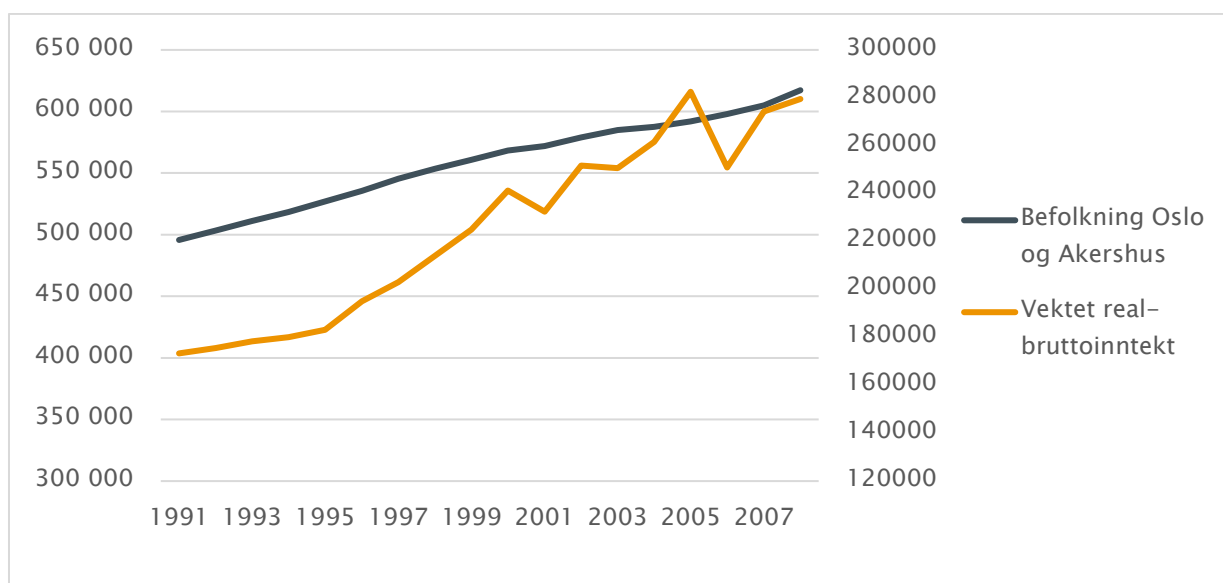
Det har vært en økning i innbyggere mellom 20 og 60 år fra 1991 og til 2008 for både Oslo og Akershus, med en litt høyere vekst for Oslo. Her har antallet gått fra 260 321 til 341 630 som gir en vekst på 31 prosent i tidsrommet. I Akershus har antallet gått fra 235 403 til 275 613 som er en vekst på 17 prosent. Regionen som helhet har en økning på 24,5 prosent. Figuren under viser utviklingen over tid.



Figur 3-3: Vekst i inntekt og befolkning mellom 20 og 60 år for Oslo og Akershus. År 1991-2008. Befolkning med anvisning på primæraksen og inntekt med anvisning på sekundæraksen. Basert på tall fra SSB (2016b) og SSB (2016c)

Det har også vært en formidabel økning i nominell bruttoinntekt i perioden. Som figur 3-3 viser, har veksten vært veldig lik for de to kommunene. Gjennomsnittlig bruttoinntekt var 175 866 og 170 483 kroner for hhv Oslo og Akershus 1991, og 395 000 og 399 200 kroner i 2008 (SSB, 2016b).

For regionen som helhet var det en vekst fra om lag 500 000 til 617 000 innbyggere mellom 20 og 60 år i perioden 1991 til 2008. Veksten i inntekten, korrigert for KPI, var i tidsperioden på 61 %, fra om lag kroner 173 000 i 1991 til kroner 280 000 i 2008. Figur 3-5 viser utvikling i regionen over tid.



Figur 3-5: Vekst i befolkningen i regionen for innbyggere mellom 20 og 60 år og veksten i bruttoinntekt i 1991-NOK. År 1991-2008. Befolkning med anvisning på primæraksen og inntekt med anvisning på sekundæraksen. Tall basert på SSB (2016b) og SSB (2016c)

3.2.3 Veiprosjekter

En faktor som kan påvirke kjøring i det analyserte tidsrommet, er forbedringer til vei og fremkommelighet. Det har vært nærmere 100 prosjekter finansiert av Oslopakkene i tidsrommet, av større og mindre betydning for trafikantene i Oslo-regionen. Felles for alle årene er at myndighetene har innført mindre tiltak for gående, syklede, kollektivtrafikk og miljø. For å kontrollere for utbygging av ny infrastruktur benyttes to metoder:

1. **Individnivå:** Undersøke ett og ett veiprojekt, og deretter finne hvilke(n) stasjon(er) som antagelig har fått økt trafikk som følge av åpningen av ny veistrekning. Måten dette gjøres i praksis er å lokalisere vegprosjektet og angi bomstasjonene som ligger i geografisk nærhet. Denne metoden vil gi en variasjon både mellom og innenfor hver stasjon over tid. Kontrollvariabelen vil ta form som en dummy-variabel hvor 1 angir at bomstasjonen er påvirket av en veiåpning i det aktuelle året, 0 ellers.
2. **Årsnivå:** Undersøke ett og ett år, og deretter vurdere om veiprojektene dette året har bidratt til at infrastrukturen har blitt betydelig forbedret. Antar i denne metoden at eventuelle forbedringer har økt trafikken for alle stasjonene, slik at infrastrukturen vil kun variere mellom årene, og ikke mellom stasjonene. Vurderingen om infrastrukturen er forbedret eller ikke, er basert på plasseringen og størrelsen på den nye veien. Jo mer sentralt veien ligger og jo større veien er, jo mer tungtveiende er prosjektet. Kontrollvariabelen vil ta form som en dummy-variabel hvor 1 angir at infrastrukturen har blitt betydelig forbedret i det aktuelle året, 0 ellers.

<i>Variabel</i>	<i>N</i>	<i>Gj.snitt</i>	<i>Type</i>
<i>Veiprojekt stasjon</i>	342	0,181	Dummy
<i>Veiprojekt år</i>	18	0,444	Dummy

Tabell 3-6: Deskriptiv statistikk for veiprojekter, 1991 til 2008.

Beregninger fra metode 1 gir at det i snitt er 18,1 prosent, eller mellom 3 og 4 bomstasjoner, som hvert år påvirkes av veiprojekter. Beregningene fra metode 2 gir at det er forbedringer i vei-infrastrukturen i Oslo for 44,4 prosent av de 18 årene, altså 8 år.

År	Store veiåpninger	Bomstasjoner	Forbedring
1991	Rv 4 Slattum - Skøyen i Nittedal, Rv 162 Ring 1 Vaterlandstunnelen	8, 13-19	1
1992	Rv 150 Ring 3 Granfosstunnelen, E6 Rv 190 kollektivfelt Teisen-Caspar Storms vei		1
1993	E6 Vinterbro - Vassum	1, 2, 18	0
1994	Rv 150 Ring 3 Sinsen-Storo, Rv 160 Bekkestuatunnelen	1, 2, 7	1
1995	E6 Ekebergstunnelen	13-18	1
1996			0
1997	Rv 159 Knatten - Lørdagsrud, RV150 Ring 3	7, 10-17	1
1998	Rv 159 Lørdagsrud-rv 22, E6 Skullerudkrysset	10	0
1999	RV 150 Ring 3	10-18	1
2000	E6 Svartdalstunnelen	7	1
2001	Rv 161 Galgebergforbindelsen	13-17	0
2002		8-12, 19	0
2003	Rv 4 Gjelleråsen-Slattum, Rv 159	13-18	0
2004	E6 Europaveien Klemetsrud-Assurtjern		0
2005			0
2006			0
2007			0
2008			0

Tabell 3-7: Gjennomførte prosjekter i Oslo-regionen, 1991 til 2008. Kolonnen «Stasjoner» angir hvilke stasjoner som er lokalisert rundt veiåpningene. «Forbedring» angir om veinettet i Oslo ble betydelig forbedret som følge av veiåpningene i det aktuelle året, 1 hvis ja, 0 hvis nei.

Forskjellen på de to dummyene vil være at tidsdummyene vil forsøke å fange opp forbedringer for vegnettet i Oslo som en helhet, mens stasjonsdummyene vil fange opp forbedringer i vegnettet rundt stasjonen. Som man ser av tabell 3-7, har veibyggingen avtatt etter 2004, da hovedfokus gikk over til kollektivutbyggelse.

3.2.4 Kollektivtilbud

Et av satsningsområdene til Oslopakkene (1 og 2) var å forbedre tilbudet for kollektivreisende gjennom blant annet å tilby flere avganger, mer moderne transportmidler og oppgradering av stoppesteder. Kollektivreiser anses som et substitutt for bilreiser, og det antas at bedret kollektivtilbud vil kunne påvirke etterspørselen etter å benytte bil i Oslo. I modelleringen benyttes kollektivtilbud, og ikke antall reisende, som et mål for kollektivvirksomheten. Antall reisende antas også å påvirkes av antallet som passerer i bomringen, så ved å bruke antall kollektivavganger som en indikator for kollektivtilbudets omfang unngår man at modellen potensielt inneholder to-veis-kausaltet.

For å kontrollere for forbedret kollektivtilbud vil modellen inneholde antall avganger for t-bane, trikk og buss for Oslo-regionen. For kollektivavganger var det kun tilgjengelig data for 2004-2008, presentert i årsrapporter fra Sporveien.

<i>Variabel</i>	<i>N</i>	<i>Gj.snitt</i>	<i>Standardfeil</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
<i>Kollektivavganger</i>	5	3 170 113	235 390	2 836 379	3 475 000

Tabell 3-8: Deskriptiv statistikk for antall kollektivavganger, 2004 til 2008.

Som man ser av tabell 3-8 er det i gjennomsnitt nesten 3,2 millioner avganger i de fem årene. Omtrent 10 prosent av avgangene er trikk, rundt 8 prosent er t-bane og 82 prosent er bussavganger (Ruter årsrapport, 2007-2008 og Sporveien rapport, 2004-2006).

Det kan skape unøyaktigheter ved å bruke antallet kollektivavganger som proxy for kollektivtilbud, da dette vil bety at en ny avgang med buss, t-bane eller trikk vil gi samme estimerte effekt. Kollektivtilbudet antas å forbedres mer av at man øker t-bane-avganger enn økning av buss- og trikkeavganger, ettersom kapasiteten på t-bane er høyere. Ved å anta at maksimal kapasitet for t-bane er 200 og 50 for buss og trikk får man følgende tall for kollektivtilbud.

<i>Variabel</i>	<i>N</i>	<i>Gj.snitt</i>	<i>Standardfeil</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
<i>Kollektivkapasitet</i>	5	195 000 000	12 900 000	175 000 000	213 000 000

Tabell 3-9: Deskriptiv statistikk for maksimal kollektivkapasitet, 2004 til 2008.

Tabell 3-9 viser at det i snitt var 195 000 000 i maksimal kollektivkapasitet i årene 2004 til 2008, gitt de antagelsene for makskapasitet som nevnt over. Dette tilsvarer i snitt maksimalt 534 246 reisende hver dag. Maksimal kapasitet har økt fra 175 000 000 til 213 000 000 i tidsrommet, dvs. en økning på 21,7 prosent.

3.2.5 Kostnader og kjøremønster for lette kjøretøy

Tabellen viser deskriptiv statistikk for lette kjøretøy.

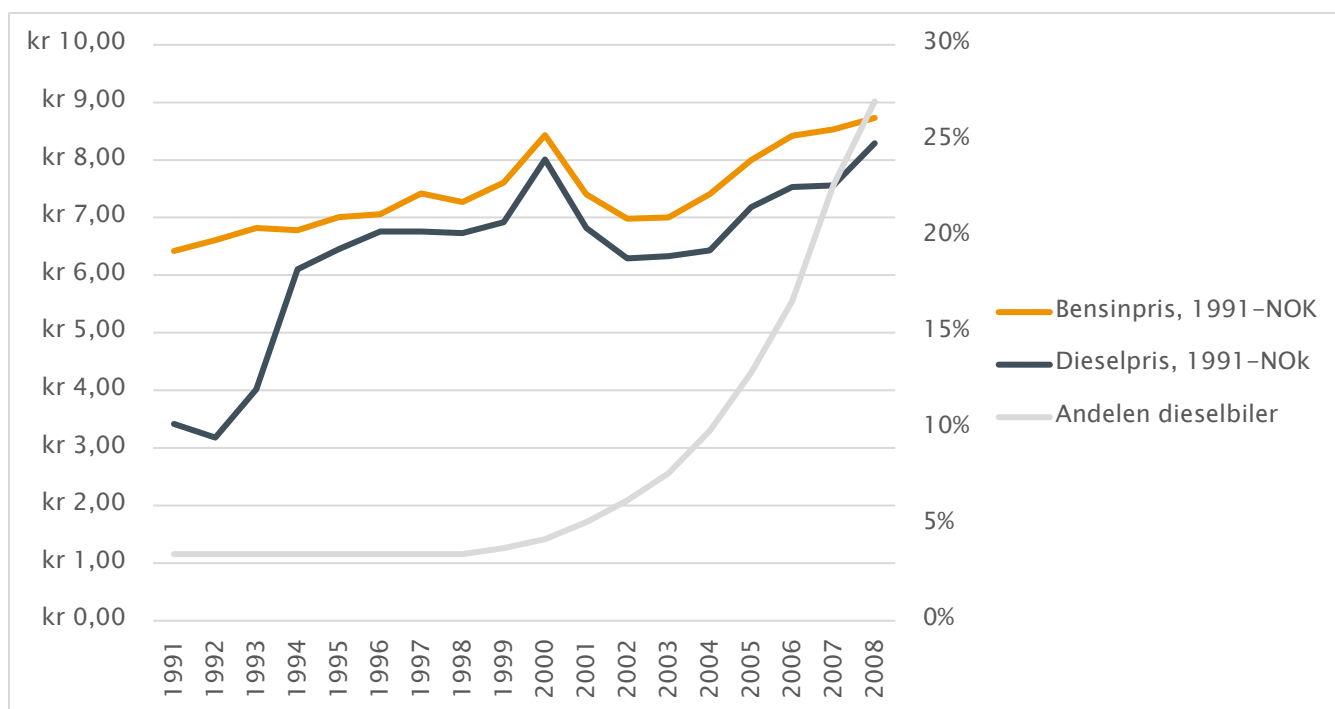
<i>Variabel</i>	<i>Observasjon</i>	<i>Gj.snitt</i>	<i>Standardfeil</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
<i>Andel arbeidsreiser</i>	18	0,15	0,01	0,15	0,17
<i>Andel reiser til og fra jobb</i>	18	0,23	0,00	0,23	0,24
<i>Andel fritidsreiser</i>	18	0,62	0,01	0,59	0,62
<i>Bensinpris i NOK</i>	18	9,00	1,75	6,42	12,40
<i>Dieselpris i NOK</i>	18	7,81	2,37	3,25	12,21
<i>For en gjennomsnittreise</i>					
<i>Distanse, km</i>	18	12,84	0,43	12,30	13,60
<i>Tidsbruk, minutter</i>	18	17,20	0,61	16,60	18,00
<i>Bomtaks</i>	18	14,61	4,39	10,00	25,00
<i>Drivstoffkostnad</i>	18	7,86	1,53	5,56	10,83
<i>Tidskostnad</i>	18	33,81	5,05	27,50	43,36
<i>Andre Kostnader</i>	18	19,76	2,54	15,74	24,74

Tabell 3-10: Deskriptiv statistikk for kostnader og kjøremønster for lettransport, 1991 til 2008. Løpende priser.

En gjennomsnittreise for et lett kjøretøy er i tidsrommet om lag 13 km lang og tar drøyt 17 minutter. Andelen arbeidsreiser ligger mellom 15 og 17 prosent, til og fra jobb ligger mellom 23 og 24 prosent, mens fritidsreiser og andre reiser ligger mellom 59 og 62 prosent.

Prisen for bensin og diesel har i snitt ligget på hhv 9 og 7,8 kroner per liter i perioden 1991 til 2008. I 1991 var dieselprisen helt nede i 3,25 kroner per liter, mens den i 2008 lå på 12,21 kroner. Tallene er beregnet ut fra en månedlig gjennomsnittspris på drivstoff fra 100 stasjoner, fordelt over hele landet (SSB, 2016a).

Tabell 3-11 viser utvikling i realpriser for bensin og diesel, i tillegg til andelen diesalbiler i Oslo-regionen. Det er særlig realprisen for diesel som har hatt en økning i tidsperioden, men også bensin har hatt en viss økning og har hele tiden ligget over prisen på diesel. Som man ser av figuren har det vært en økning i andelen diesalbiler fra rundt 3 prosent i 1991 til i overkant av 27 prosent i 2008. Økningen kan skyldes omleggingen av bilavgifter, som gjorde at diesalbiler ble relativt billigere (Miljødirektoratet, 2006). Andelen bensinbiler antas å falle tilsvarende med økningen i andelen av diesalbiler, da antallet elbiler i tidsrommet er ubetydelig.



Figur 3-11: Realpriser for 1 liter bensin og diesel, i 1991-NOK og andelen dieslbiler i tidsrommet 1991-2008. Både lette og tunge kjøretøy. Priser anvist i primæraksen og andel dieslbiler anvist i sekundæraksen. Bilandelen er hentet fra SSB (2015) og drivstoffpriser er hentet fra SSB (2016a).

Taksten i bommen for et lettkjøretøy har ligget i snitt på 14,6 kroner i 1991-kroner. En gjennomsnittlig tur har kostet i snitt 7,86 kroner i drivstoffkostnader og 33,81 kroner i tidsbruk. Andre kostnader som reparasjoner og forsikring har i snitt kostet 19,76 kroner per reise.

Utgifter til bomringen har i snitt utgjort i underkant av en femtedel av kostnadene for lette kjøretøy, men andelen vokste fra 16-18 prosent i årene 1991-2001 til 21-24 prosent i årene etter 2003. Tidskostnadene har utgjort om lag 45 prosent i perioden, mens drivstoffkostnader har ligget på rundt 10 prosent og «andre kostnader» har bidratt til rundt 20 prosent. I 2008 var bomutgiftsposten og «andre kostnader» like store.

For lette kjøretøy er GK beregnet til 58,81 kroner per tur i 1991, og kostnadene har hatt en stabil vekst til 73,12 kroner i 2008, justert for KPI. Det er en realøkning på 24 prosent i perioden.

For flere tabeller med beregning av GK for lette kjøretøy, se tabellene C1 og C2 i Appendiks.

3.2.6 Kostnader og kjøremønster for tunge kjøretøy

<i>Variabel</i>	<i>Observasjon</i>	<i>Gj.snitt</i>	<i>Standardfeil</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
<i>Andel arbeidsreiser</i>	18	1	0	1	1
<i>Dieselpri i NOK</i>	18	7,81	2,37	3,25	12,21
<i>For en gjennomsnittstreise</i>					
<i>Distanse, km</i>	18	12,84	0,43	12,30	13,60
<i>Tidsbruk, minutter</i>	18	17,20	0,61	16,60	18,00
<i>Bomtaks</i>	18	30,61	13,16	20,00	75,00
<i>Drivstoffkostnad</i>	18	20,01	6,37	7,95	31,87
<i>Tidskostnad</i>	18	138,06	18,60	113,36	170,61
<i>Andre Kostnader</i>	18	32,89	4,23	26,20	41,18

Tabell 3-12: Deskriptiv statistikk for kostnader og kjøremønster for tungtransport, 1991 til 2008. Løpende priser.

Til forskjell fra lette kjøretøy antar man at tunge transport kun benytter diesel og at alle reiser er arbeidsreiser. For en gjennomsnittstreise på omtrent 13 kilometer og 17 minutter², er drivstoffkostnadene i snitt vært 20 kroner, tidskostnaden 138 kroner, og andre kostnader vært 32,89 kroner. Den nominelle bomtaksten var i 1991 på 20 kroner, mens den i 2008 var på 75 kroner, og i perioden har den i snitt ligget på 30,61 kroner, som er omtrent det dobbelte av det den var for lettransport.

Utgifter til bomringen utgjør en mindre andel for tungtransport enn for lettransport, og har i snitt ligget mellom 11-13 prosent i årene 1991-2001. De påfølgende årene har det vokst til om lag 15-16 prosent, før de utgjorde hele 24 prosent i 2008, da den taksten økte drastisk. Tidskostnadene har utgjort om lag 60-68 prosent i perioden, mens drivstoffkostnader har ligget mellom 5 og 10 prosent. «Andre kostnader» har bidratt til rundt 13-16 prosent. I 2008 var bomutgiftsposten og «andre kostnader» like store.

For tunge kjøretøy er GK beregnet til 167,92 kroner per tur i 1991, og kostnadene har hatt en stabil realvekst til 224,18 kroner i 2008, justert for KPI. Det er en realøkning på 33,5 prosent i perioden, som er noe høyere enn for lettransport.

For flere tabeller med beregning av GK for tunge kjøretøy, se tabellene C1 og C3 Appendiks.

² Har ikke lyktes å finne egne tall for tungtransport.

3.3 Svakheter ved datasettet

Det er flere svakheter ved datasettet som både vil kunne påvirke styrken til parameterverdiene og modellens samlede forklaringskraft. De fleste mangler ved datasettet omhandler utelatte variabler som enten er uobserverbare eller som av ulike årsaker ikke er tilgjengelig. Disse variablene er faktorer som antas å ha en effekt på etterspørsel etter kjøring i regionen. Enkelte av de utelatte variablene kan det likevel kontrolleres for gjennom metodevalg, mer om dette i avsnitt 4.1.

Blant de utelatte variablene som anses viktigst er priser og tilbud av alternative transportmidler til bilkjøring i regionen. Her foreligger det data for antall reisende, men lite eller ingen informasjon om Oslos kollektivtilbud, prisene på kollektiv eller tilbud for syklede. For kollektivtilbudet foreligger det kun data for årene 2004-2008, som ikke gir et godt grunnlag for panelanalyse.

Bomtastene er inkludert i datasettet, men omfanget av ulike rabattordningene til ulike år er ikke tilgjengelig. Dette gjør det vanskelig å beregne de faktiske bom-kostnadene. Det er heller ikke oppgitt i hvilken grad bilistene passerer flere bomstasjoner innenfor én time, og derfor ikke utløser ytterligere kostnader. At gjennomsnittlig kjørelengde har vært stabil gjennom tidsperioden er et argument for at dette antallet som kjører gjennom flere bomstasjoner er konstant over tid, og det kan det dermed kontrolleres for i paneldatanalyse.

Av variablene som er inkludert i datasettet er det en svakhet at flere mangler verdier for enkelte av årene. For disse årene er det brukt predikerte verdier basert på årene med tilgjengelige verdier. Dersom manglede verdier har ikke-tilfeldige årsaker eller sanne verdier avviker vesentlig fra de observerte verdiene, vil predikerte verdier gi et feilaktig bilde av utvikling. Alternativet til generaliseringer er å utelatte år med manglede verdier fra regresjonene, men dette har også sine utfordringer gjennom blant annet svakere statistisk kraft til analysene (Woolridge, 2013).

De aggregerte tallene i datasettet som gjør at effektene fra de avhengige variablene blir veldig generelle. Oslo-regionen er et stort området med store forskjeller innad i regionen, slik at å bruke gjennomsnittsverdier ikke nødvendigvis vil reflektere en stor andel av befolkningen. Det ville vært interessant blant annet å undersøke elastisitetene for ulike segmenter av befolkningen eller for ulike bydeler, men det lar seg dessverre ikke gjøre med det tilgjengelige datasettet.

4. Modelling

4.1 Estimering

Med informasjon om antall passeringer for hver av de 19 stasjonene i 18 år er det mest intuitivt å benytte seg av modeller som kan avdekke både individspesifikke- og tidsspesifikke effekter. Ved bruk av modeller som Fixed Effects (FE) og Random Effects (RE), vil det være mulig å identifisere parametere som ofte er effisiente og forventningsrette. Ved å benytte disse vil det være mulig å kontrollere for både observerbare og uobserverbare effekter ved stasjonene over tid.

For omfattende modeller som tar for seg endringer i trafikk vil det som regel være en utfordring med utelatte relevante variabler, også kjent som uobserverbar heterogenitet. Dersom de uobserverbare faktorene er konstante over tid vil FE kontrollere for disse tidsinvariante komponentene i modellen.

RE-modellen er et spesialtilfelle av FE, hvor det antas at de uobserverte effektene ikke er korrelert med forklaringsvariablene. Dersom denne antagelsen er oppfylt, kan man inkludere variabler som er konstante over tid. Dette er den viktigste forskjellen mellom FE- og RE-modellen, og en Hausman-test er ofte brukt til å avgjøre hvilken av modellene som gir de mest konsistente og effisiente parameterverdiene.

Med paneldata er det også mulighet til å undersøke eventuelle tregheter i tilpasningen, ved å inkludere en lagget endogen variabel som forklaringsvariabel i modellen.

4.2 Teoretiske modeller

Tar utgangspunktet i modeller fra lignende studier for å avdekke prisfølsomheten i bomringen i Oslo, se f. eks. Matas og Raymond (1988). Trafikkvolumet antas å påvirkes av både monetære kostnader og kostnader knyttet til tidsbruk, i tillegg til tilbud og pris for alternative reisetypene. Andre faktorer som antas å påvirke trafikken, som aktivitetsnivå i økonomien, befolkning og forbedringer i infrastrukturen, bør inkluderes som kontrollvariabler.

4.2.1 Statistiske modeller

Statistiske modeller vil predikere korttidseffekten som generaliserte kostnader har på etterspørsel etter bilkjøring. For å analysere prisfølsomheten velges en konstant funksjonsform hvor alle variablene er gitt på logaritmisk form.

Modellspesifikasjon:

$$(4.1) \text{Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{GK}_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t + \beta_3 \text{Populasjon}_t + \beta_4 \text{Kollektiv}_t + \beta_5 \text{Veiprosjekter}_t + U_{it}$$

Hvor i angir stasjon, og t angir år. *Passeringer* angir antall passeringer i bomringen. *GK* viser til de generaliserte kostnader, *Inntekt* angir inntekten i regionen vektet mellom Oslo og Akershus og

Populasjon representerer befolkningen mellom 20 og 60 år i Oslo og Akershus. *Kollektiv* er et mål på tilbudet for kollektivreiser i regionen, mens *Veiprosjekter* er en dummy som fanger opp forbedringer i veinettet. U_{it} er et stokastisk restledd.

Det er blitt kjørt flere versjoner av modell (4.1) for å undersøke elasticiteten av generaliserte kostnader på antall bompasseringer. De ulike modellspesifikasjonene er mer detaljert beskrevet i Appendiks B. T-testing vil benyttes for å avgjøre parameterverdiens statistisk signifikans.

4.2.2 Dynamisk modell

For å undersøke langtidseffekten av endringer de generaliserte kostnadene vil det være nyttig å bruke en modell med lagget endogen variabel. Tanken bak en slik modell er at trafikantene ikke endrer sitt reisemønster umiddelbart, men etter en tid (lag). Med en slik modell undersøker man om avhengig variabel vil kunne påvirkes av verdiene på forklaringsvariabelen fra ett år i forveien.

Den dynamiske modellene som presenteres her er modeller med lagget endogen variabel som forklaringsvariabel (såkalt AR(1) - modell):

$$(4.2) \text{Passeringer}_{it} = \alpha_0 + \gamma \text{Passeringer}_{it-1} + \alpha_1 \text{GK}_t + \alpha_2 \text{Kontroll}_t + U_{it}$$

Dersom modellen er korrekt spesifisert, og dersom det ikke er seriekorrelasjon i modellen, vil parameterne-estimatene kunne valideres ved bruk av t-testing. Leddet Kontroll_t består av kontrollvariablene som inkluderes i modellen. Kortsiktig elasticitet vil være gitt ved koeffisienten foran GK, α_1 , mens langsiktig elasticitet er gitt som

$$(4.3) \text{Langsiktig priselasticitet} = \frac{\alpha_1}{1-\gamma}$$

Generelt vil forskjellen på korttidseffekten og langtidseffekten være større jo høyere verdi på γ , gitt at parameteren er mindre enn 1. Dersom koeffisientverdien γ er høyere enn 1 vil modellen være ustabil.

4.3 Empiriske utfordringer

En utfordring med dette datasettet er at flere av variablene har stor korrelasjon over tid. Veksten i befolkning i Oslo-regionen og realinntekt har en korrelasjonsverdi på 0.96, som anses som nærmest perfekt korrelasjon. Dette gjør det vanskelig å differensiere mellom effektene fra de korrelerte variablene, og resultere i at parameterestimaterne kan avvike stort fra de sanne parameterverdiene. Multikollinearitet er ikke et brudd på Gauss-Markov-antagelse for OLS, men stor korrelasjon henger ofte sammen med høy sannsynlighet for å begå en type 2-feil, altså unnlater å forkaste en usann hypotese.

Det finnes i utgangspunktet tre metoder for å forsøke å løse problemet med multikollinearitet

- Øke antallet observasjoner
- Ekskludere en av variablene
- Transformere variablene til førstedifferanse

Den første korrigeringen kan utføres ved å bruke et datasett med inndelinger etter måneder i stedet for årstall. En utfordring med denne metoden er å finne tall for inntekt, befolkning og generaliserte kostnader for hver måned i hele perioden. En annen mulighet er å utvide tidshorisonten, men med en så høy korrelasjon vil det antageligvis kreve et stort antall år, og årene før 1991 har svært begrenset datagrunnlag.

Å ekskludere en av variablene er enkel å utføre, og hvilken av variablene som inkluderes og ekskluderes i modellen kan veksles i en sensitivitetsanalyse.

Den tredje korrigeringen krever en transformering av modellen fra en statisk til dynamisk modell, hvor den endogene variabelen og forklaringsvariablene transformeres fra statiske verdier til endringsform, såkalt førstedifferansmodell.

5. Resultater

5.1 Statistiske modeller

I denne seksjonen presenteres resultatene fra modellen i seksjon 4, satt på datasettet presentert i kapittel 3. Statistiske modeller estimerer korttidseffekten av endringene i generaliserte kostnader (GK), som vil si effektene av kostnadsjusteringer innenfor samme år. Benytter RE-estimering, ettersom det gir de mest konsistente og effisiente estimatene. Dette kom frem av en Hausman-test, som er presentert i Appendiks C.

5.1.1 Enkle statistiske modeller

<i>Modellspesifikasjon</i>	(1)	(2)	(3)
<i>Avhengig variabel</i>	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer
<i>Estimeringsmetode</i>	Random Effects	Random Effects	Random Effects
<i>Log GK</i>	0.517 (1.89)	-0.325* (-2.02)	-0.082 (-0.69)
<i>Log Populasjon</i>		0.993* (2.37)	
<i>Log Inntekt</i>			0.289* (2.09)
<i>Konstantledd</i>	10.20*** (9.41)	0.70 (0.14)	9.23*** (6.07)
<i>Kontrollert for veiprosjekter</i>	Nei	Nei	Nei
<i>Kontrollert for kollektivtilbud</i>	Nei	Nei	Nei
<i>År</i>	1991 - 2008	1991 - 2008	1991 - 2008
<i>Utvalgsstørrelse</i>	341	341	341
<i>Justert R-kvadrert</i>	0.05	0.11	0.09

Tabell 5-1: Resultat fra estimeringen av ulike statistiske modellspesifikasjoner. Med t-statistikk i parentes, * p < 0.05, ** p < 0,01, * p < 0.001. År 1991-2008. Benytter robuste standardavvik.**

Tabell 5-1 viser resultatet fra estimering av ulike modellspesifikasjoner som ble diskutert i seksjon 4.2. Tabellen viser sammenhengen mellom antall passeringer i bomringen i Oslo og generaliserte kostnader, kontrollert for ulike faktorer som blant annet befolknings- og inntektsvekst. Parameterverdiene angir i hvilken grad variablene assosieres med antall passeringer, og i hvilken retning faktorene drar. Negativ parameter betyr en negativ assosiasjon mellom antall passeringer og forklaringsvariabelen, og motsatt. Asteriskene bak parameterne angir om variabelen har en signifikant effekt på antallet passeringer, hvor

1, 2 og 3 asterisker svarer til signifikant på hhv. 95, 99, og 99,9 prosent signifikansnivå. Parametere uten asterisk antas ikke-signifikante, dvs. at modellen påviser ikke en sannsynlig sammenheng mellom de eksogene variablene og antall passeringer i bomringen.

5.1.2 Tolkning av tabell 5-1

Modellspefifikasjon (1) har den enkleste formen for identifikasjonsstrategi, med kun sammenhengen mellom antall passeringer og interessevariabelen, generaliserte kostnader. Ved ikke å kontrollere for andre variabler får man et positivt forhold mellom bilkjøring og kostnadene ved kjøring, som er naturlig ettersom både totalt antall passeringer og realkostnadene har økt i tidsrommet. Modellen anslår at dersom kostnadene for bilkjøring øker med én prosent, vil antall passeringer øke med 0,517 prosent. Dette er både et paradoksalt og ikke-signifikant resultat, som motiverer for å tillegge kontrollvariabler til analysen.

For å kontrollere for vekst i makroverdier som befolknings- og inntektsvekst i regionen inkluderes dette i regresjonen for spesifikasjon (2) og (3). Som nevnt i avsnitt 4.3 var det i perioden høy korrelasjon mellom vekst i inntekt og befolkning i tidsrommet, slik at variablene inkluderes hver for seg i to regresjoner.

Når man kontrollerer for befolkning i spesifikasjon (2) viser tabellen at én prosent økning i generaliserte kostnader vil redusere antallet passeringer med 0.325 prosent. Dette er et statistisk signifikant resultat ved 95 % signifikansnivå, og modellen har et føyningsmål på 0.11, som regnes som et brukbart mål for paneldata. En elastisitet på -0.325 samstemmer med resultater fra tidligere litteratur på feltet (se f. eks Odeck og Bråten (2008)).

Sammenhengen mellom vekst i befolkning og antallet passeringer ligger på omkring 1, som betyr at det er én prosent økning i befolkningen (mellom 20 og 60 år i Oslo/Akershus) gir ca. én prosent økning i antallet passeringer, noe som er troverdig. Likevel, en utfordring med å bruke befolkningsvekst som kontrollvariabel er at befolkning potensielt er kodeterminert med bilkjøring, og at de påvirker hverandre. Dette bryter med antagelse for en modell med forventningsrette parameterverdier, svekker modellens troverdighet og motiverer for bruk av alternative kontrollvariabler.

Spesifikasjon (3) bruker inntekt som kontroll i stedet for befolkning. Effekten fra GK har fremdeles negativ verdi (-0,082), men variabelen har høyere varians sammenlignet med GK fra spesifikasjon (2), og anses statistisk ikke-signifikant. Inntekt er positivt assosiert med antall passeringer, hvor én prosent økning i bruttoinntekt for Oslo-regionen vil gi 0,29 prosents økning i passeringer.

Til tross for at generaliserte kostnader var signifikant ved bruk av befolkning som kontrollvariabel, vil inntekt brukes som kontrollvariabel i følgende modelleringer, av de grunnene nevnt ovenfor. Resultater fra modellspefifikasjoner med befolkning som kontroll er rapportert i Appendiks C.

5.1.3 Utvidelser av statiske modeller

Som diskutert i 4.3.2, er det viktig å kontrollere for eventuelle forbedringer i veinettet og økt tilbud for kollektivreisende.

<i>Modellspesifikasjon</i>	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>Avhengig variabel</i>	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer
<i>Estimeringsmetode</i>	Random Effects	Random Effects	Random Effects	Random Effects
<i>Log GK</i>	-0.083 (-0.70)	-0.123 (-0.90)	-0.099 (-0.21)	-0.205 (-1.15)
<i>Log Inntekt</i>	0.342** (2.10)	0.293** (2.12)	-0.058 (-0.33)	-0.09 (-0.99)
<i>Konstantledd</i>	8.566*** (4.91)	9.361*** (6.15)	11.61*** (6.21)	9.836*** (5.60)
<i>Kontrollert for veiprosjekter³</i>	Årlig	Stasjon	Stasjon	Stasjon
<i>Kontrollert for kollektivtilbud</i>	Nei	Nei	Avganger	Kapasitet
<i>År</i>	1991-2008	1991-2008	2004 - 2008	2004 - 2008
<i>Utvalgsstørrelse</i>	341	341	95	95
<i>Justert R-kvadrert</i>	0.10	0.10	0	0

Tabell 5-2: Resultat fra estimeringen av statiske modellutvidelser. Gjennomsnittlig antall passeringer som avhengig variabel. Med t-statistikk i parentes, * p < 0.05, ** p < 0,01, * p < 0.001. Benytter robuste standardavvik.**

5.1.4 Tolkning av tabell 5-2

Spesifikasjonen (4) og (5) er utvidelser av (3) fra tabell 5-1, hvor (4) inkluderer dummy-variabel for om det forekom forbedringer i veinettet i det aktuelle året, og (5) inkluderer enhetsspesifikke variabler for hver stasjon. Resultatet for de to regresjonene anslår at elastisiteten med hensyn til GK ligger på -0,08 og -0,12 for hhv (4) og (5), men effektene er statistisk ikke-signifikante.

For å kontrollere for kollektivreiser i Oslo utvides (5) med tall for kollektivtilbud i spesifikasjon (6) og (7). Spesifikasjon (6) inkluderer tall for antall avganger for t-bane, trikk og buss i Oslo-regionen, mens (7) vekter avgangene ut i fra kapasiteten til de forskjellige transportmidlene. For kollektiv transport foreligger det kun tall for årene 2004 til 2008, slik at utvalgsstørrelsen reduseres fra 431 til 95, og

³ Årlig og stasjon refererer til metodene for kontroll av veiprosjekter fra avsnitt 3.2.3. «Stasjon» tilsvarer idiosynkratiske kontrollering (metode 1) og «Årlig» tilsvarer kontrollen som kun er tidsdimensjonal (metode 2).

benytter stasjonsdummyer som kontroll i stedet for års-dummyer, ettersom årene 2004-2008 alle er år uten betydelige forbedringer i vegnettet som helhet.

I spesifisering (6) har parameteren til GK en negativ, ikke-signifikant effekt, med koeffisientverdi på -0.09, og spesifiseringen har generelt svært lav forklaringskraft med justert R-kvadrert lik 0. Noe av forklaringen til dette er den lave tidsdimensjonen. Ved å sammenligne spesifisering (3) fra tabell 5-1 og (6) i tabell 5-2 er det interessant å se at å tillegge modellen en kontroll for kollektivtransport gjør at inntekt får et negativ fortegn. Dette virker lite troverdig, da høyere inntekt antas å stimulere til høyere etterspørsel etter reiser og derfor mer kjøring.

I spesifisering (7) er antall avganger erstattet med kapasitet for kollektivtransport i det samme tidsrommet. Resultatet fra regresjonen er ikke så veldig ulik den i (6), da alle faktorene har samme fortegn og omtrent den samme parameterverdien. GK har her en negativ koeffisientverdi på 0.205, som ligner mer på de verdiene fra tidligere spesifiseringer, men t-verdien er litt for lav til å kunne godta den som signifikant. Føyningsmålet for modellen er fremdeles svært lavt som igjen kan skyldes den lave tidsdimensjonen. Alternativt viser det at det ikke finnes noen statistisk sammenheng mellom etterspørselen etter bilkjøring og de kostnadsfaktorene og kontrollvariablene som man har data for i tidsrommet 2004 til 2008.

5.1.5 Bompenger isolert

Det vil være interessant å undersøke om bompenger isolert sett har en effekt på antall passeringer. Ved å skille bompenger-kostnadene fra de generaliserte kostnadene i regresjonen kan man isolere effekten som bompenger har på etterspørselen etter å kjøre. Bompenger vil være vektet mellom realtaksten for lette (90 %) og tunge kjøretøy (10 %) i spesifisering (8) til (10), og kun være realtaksten for lette kjøretøy i (11).

<i>Modellsesifisering</i>	(8)	(9)	(10)	(11)
<i>Avhengig variabel</i>	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer	Log gj.snittlig antall passeringer
<i>Estimeringsmetode</i>	Random Effects	Random Effects	Random Effects	Random Effects
<i>Log Bompenger</i>	-0.121* (-2.00)	-0.146* (-2.12)	-0.121** (-2.95)	
<i>Log Bompenger, lettkj.</i>				-0.140** (-3.03)
<i>Log GK w/ bompenger</i>	-0.00 (-0.01)	-0.02 (-0.30)		
<i>Log Inntekt</i>	0.366* (2.50)	0.373* (2.55)	0.366* (2.49)	0.373* (2.53)
<i>Konstantledd</i>	8.240*** (4.87)	8.300*** (4.93)	8.241*** (4.95)	8.189*** (4.90)
<i>Kontrollert for veiprosjekter</i>	Nei	Stasjon	Nei	Nei
<i>Kontrollert for kollektivtilbud</i>	Nei	Nei	Nei	Nei
<i>År</i>	1991 - 2008	1991 - 2008	1991 - 2008	1991 - 2008
<i>Utvalgsstørrelse</i>	341	341	341	341
<i>Justert R-kvadrert</i>	0.10	0.10	0.10	0.10

Tabell 5-3: Resultat fra estimeringen av statiske modellutvidelser med isolert effekt fra realtakst i bomringen. Gjennomsnittlig antall passeringer som avhengig variabel. Med t-statistikk i parentes, * p < 0,05, ** p < 0,01, * p < 0,001. År 1991 til 2008. Benytter robuste standardavvik.**

5.1.6 Tolkning av tabell 5-3

Tabell 5-3 viser regresjonsresultatet fra modellspesifikasjoner med realtakster i bommen som en forklaringsvariabel. Spesifikasjon (8) og (9) viser at dersom man øker realtaksten i bommen med 1 %, dvs. rundt 25 øre, ser man en reduksjon på hhv. 0,12 og 0,14 prosent, avhengig om man kontrollerer for veiprojekter eller ikke. Dette resultatet er stekt signifikant med t-verdier på rundt 2.

De andre utgiftspostene, representert ved GK u/bompenger, ser ut til å ha en ubetydelig effekt på antall passeringer. Dette impliserer at bileierne i større grad ser bort fra de kostnadene som uansett påløper en bileier når han eller hun bestemmer seg for å benytte bil enn de kostnadene som bestemmes av bomselskapene. Alternativt kan man tolke det som at kostnadene som er synlige (store skilt med bomtakster) spiller en større enn rolle enn kostnadene man ikke ser (f.eks. avskrivninger eller forsikringsutgifter per kilometer).

Spesifikasjon (10) tilsvarende (8), men ekskluderer de andre kostnadspostene som inngår i GK. Denne estimeringen gir omtrent det samme parameter-verdiene som i (8), men med lavere varians som gjør resultatene sterkere, statistisk. Utvidelsen fra (8) til (10) anses som en forbedring av modellen, og en tilfredsstillende forenkling. Spesifikasjon (11) er også tilsvarende (8), men med realtaksten for lette kjøretøy i stedet for vektet snitt mellom tunge- og lette kjøretøy. Inkluderer ikke taksten for tunge kjøretøy ettersom det er nærmest perfekt korrelert med lett. Modellspefikasjonen gir en sterkt signifikant effekt av bompenger for lette kjøretøy.

5.2 Dynamiske modeller

Ved bruk av en dynamisk modell er det mulig å avdekke langtidseffekter og kontrollere for multikollinearitet som noen av variablene i datasettet besitter. De dynamiske modellene som presenteres her er modeller med lagget endogen variabel som forklaringsvariabel (såkalt AR(1) - modell), og estimeringsmetoden er FE.

5.2.1 AR(1) - modell

<i>Modellspesifikasjon</i>	(12)	(13)
<i>Avhengig variabel</i>	Log gj.snittlig antall passering	Log gj.snittlig antall passering
<i>Estimeringsmetode</i>	Fixed Effects	Fixed Effects
<i>Log lagget avhengig variabel</i>	0.485** (2.81)	0.477** (2.71)
<i>Log GK</i>	-0.059 (-0.49)	
<i>Log bompenger</i>		-0.067 (-1.20)
<i>Log Inntekt</i>	0.115 (1.11)	0.157 (1.13)
<i>Konstantledd</i>	5.249** (2.83)	4.758** (3.07)
<i>Kontrollert for veiprosjekter</i>	Stasjoner	Stasjoner
<i>Kontrollert for kollektivtilbud</i>	Nei	Nei
<i>År</i>	1991 - 2008	1991 - 2008
<i>Utvalgsstørrelse</i>	322	322
<i>Justert R-kvadrert</i>	0.30	0.31

Tabell 5-4: Regresjonsresultatene fra modellspesifikasjon med lagget endogen variabel. Gjennomsnittlig antall passering i måneden som avhengig variabel. Med t-statistikk i parentes, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.001$. År 1991 til 2008. Benytter robuste standardavvik.**

5.2.2 Tolkning av tabell 5-4

Det første man noterer seg er at korttidselastisiteten er lavere enn langtidselastisiteten. Den andre viktige observasjonen er at korttidseffekten ikke lenger er signifikant, men at langtidseffekten er det. Den estimert langtidseffekten er omtrent dobbelt så stor som den estimerte korttidseffekten. Korttidseffekten av generaliserte kostnader i spesifikasjon (12) er estimert til -0,059, mens langtidseffekten er estimert

til $-0,059/(1-0,485) = -0,11$. Koeffisient på 0,485 betyr at antall passeringer ett år kan forklares en del med effekter fra det foregående året.

Forklaring på dette kan ligge i at dersom man ønsker å benytte alternativ form for transport, som f. eks. følge av økte generaliserte kostnader for reise, kan det ta tid å selge bil, kjøpe sykkel eller anskaffe månedskort for kollektiv transport. Koeffisientverdien, γ , som angir størrelsen på den dynamiske multiplikatoreffekten, hvor forskjellen på kort- og langtidseffekten øker med størrelsen på parameteren. Som nevnt i avsnitt 4.2.2 vil verdier nærmere 1, vil bety at antallet passeringer i år t vil være sterkere avhengig av verdier på forklaringsvariablene fra tidligere år. Det er et krav at koeffisienten er mindre enn 1 for at modellen skal være stabil.

I spesifisering (13) er GK byttet ut med vektet real-bomtaks, og det gir svært like resultater. Kortidseffekten fra bompenger har en elastisitet på rundt -0.066, og langtidseffekt på rundt -0.127, altså om lag det dobbelte. Spesifisering (12) og (13) har noe høyere forklaringskraft enn de statiske modellene med justert føyningsmål på hhv 0.30 og 0.31, som tilsier at disse modellene er bedre tilpasset datasettet. Antallet observasjoner er redusert fra 341 til 322 ettersom data fra året 1991 utgår fra analysen.

6. Diskusjon og sammendrag

6.1 Styrker, svakheter og fremtidige utvidelser

Validiteten til resultatene i denne rapporten er sterkt tilknyttet styrkene og svakhetene til datasettet, som ble diskutert i avsnitt 3.3. Hovedproblemet er at datasettet i stor grad består av generaliseringer av store individgrupper og lange tidsperioder.

Dette illustreres godt ved beregningen av reisevaner og generaliserte kostnader for trafikanter i Oslo-regionen, hvor datagrunnlaget baserer seg for tall for hele landet, og ikke Oslo spesielt. I tillegg utføres undersøkelser om norske reisevanene med tre til fem års mellomrom, slik at man får et problem med manglete verdier i årene uten undersøkelser og dette løses med generalisering basert på årene med rapportering. Disse generaliseringene kan være en av grunnene til at effektene av GK i mange av modellene ikke gir signifikante effekter på etterspørselen etter bilkjøring.

Styrken i analysen ligger i den lange tidsdimensjonen og i panelstrukturen. Ved å følge bomstasjonene over lang tid er det mulig å kontrollere for flere effekter, både observerbare og uobserverbare. Analysen av bomringen gir resultater som samsvarer med lignende studier, men gir også et innblikk i en tema, priselastisiteter i storby, som ikke har blitt forsket så mye på tidligere.

Med informasjon om antall bompasseringer på månedsbasis ville det vært interessant å se nærmere på effektene fra forklaringsvariablene har fra måned til måned. En svakhet ved en slik analyse vil være at det er svært få av disse variablene som varierer fra måned til måned (flere er stabile over flere år) eller at det ikke ble samlet inn data på så korte intervaller, slik at det må gjøres ytterligere generaliseringer for tilgang til månedsdata.

En naturlig fremtidig utvidelse vil være også å analysere trafikk-situasjonen fra 2008 og frem til i dag. Det vil spesielt være interessant å se hvordan omleggingen til automatisering av bomringen i 2008 hadde for bilistene, ettersom dette tiltaket antas å ha ført til store konsekvenser for reisendes tidsbruk, driftskostnader og sikkerhet. Her foreligger det også mer presise tall for blant annet kollektivtrafikk og priser, som vil gjøre anslagene på priselastisiteten mer pålitelige.

6.2 Sammendrag

Målet med denne rapporten var å finne en priselastisitet for bomringen i Oslo. Ved bruk av ulike metoder for estimering og forskjellige modellspekifikasjoner har effekten fra bompenger og effekten fra bompenger som en del av generaliserte kostnader i tidsrommet 1991 til 2008 blitt estimert. Generaliserte kostnader har ifølge data hatt en svak effekt på antall passeringen i bomringen. Modellene har estimert elastisiteten til å ligge på mellom -0.08 og -0.32, som svarer til lignende studier fra Norge og andre land (se Odeck og Bråthen (2008)), og viser at bilkjøring er veldig uelastisk.

Til tross for at estimert effekt fra GK passer godt med tidligere artikler, er effektene for Oslo-regionen for det meste statistiske ikke-signifikante, med t-verdier på rundt 1. Det kan være flere grunner til dette. For det første er beregningen av GK til en viss grad basert på tall fra hele landet, slik at GK i data potensielt ikke representerer beboere i Oslo-regionen, og at dette leder til svake statistiske sammenhengen. En annen mulig årsak til de ikke-signifikante effektene fra GK er at trafikanter i Oslo-regionen ikke vurderer GK i valget av transportmiddel, dvs. at de ikke overveier f. eks tidskostnader eller «usynlige» driftskostnader ved bilkjøring.

Ved i stedet å benytte bomtakstene isolert fra generaliserte kostnader som en forklaringsvariabel blir effektene sterkere. Modellspesifikasjonene (8) til (11) predikerer en elasticitet med hensyn til bompenger mellom -0.12 og -0.14. Effektene er sterkt signifikante, og predikerer en prisfølsomhet som er enda mindre elastisk enn elasticiteter beregnet på landsbasis og utenfor storbyer. Til tross for at dette resultatet ikke er kontrollert for påvirkningen fra kollektivtilbud og dets priser i Oslo, er det et interessant resultat at bilister i Oslo-regionen ser ut til å være mindre tilbøyelige til å gå bort fra bil enn andre.

En av grunnene til at etterspørselen etter bilkjøring er så uelastisk er at det kan ta tid for reisende å flytte seg til egnede substitutter. I tillegg til de potensielle økonomiske kostnadene ved flytting bort fra bil, er det også andre hensyn som kan gjøre overgangen fra bil til andre transportformer er en tidskrevende prosess. Den estimerte korttidseffekten er beregnet til effekter innenfor ett år, og ble presentert gjennom de statiske modellene. Den estimerte langtidseffekten er beregnet ved bruk av en AR(1) – modell, og viser effektene innenfor to år. Resultatet fra spesifisering (12) og (13) gir en predikert langtidseffekt på -0.11 for generaliserte kostnader og -0.12 for bompenger. Modellene estimerer at omtrent halvparten av effekten fra bompenger og generaliserte kostnader på antall bomplasseringer kommer fra året i forveien.

7. Referanser og appendiks

Appendiks A: Referanser

A1 Artikler og rapporter

Chrstiansen, Petter; Engebretsen, Øystein og Hanssen og Jan Usterud. «*Parkeringstilbud ved bolig og arbeidsplass.*» TØI-rapport 1439/2015, oktober 2015, s. 1-79.

Daly, Andrew; Dunkerley Fay og Rohr Charlene. «*Road traffic demand elasticities: A rapid evidence assessment.*» DFT-rapport, desember 2014, s. 1-35.

Hjorthol, Randi og Denstadli, Jon Martin. «*Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2001 – nøkkelrapport.*» TØI-rapport 588/2002, august 2002, s. 1-77.

Hjorthol, Randi; Vågane, Liva; Engebretsen, Øystein og Denstadli, Jon Martin. «*Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2005 – nøkkelrapport.*» TØI-rapport 844/2006, juni 2006, s. 1-97.

Hjorthol, Randi; Vågane, Liva og Brechan, Inge. «*Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009 – nøkkelrapport.*» TØI-rapport 1130/2011, januar 2011, s. 1-101.

Hjorthol, Randi; Engebretsen, Øystein og Uteng, Tanu Priya. «*Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 – nøkkelrapport.*» TØI-rapport 1383/2014, desember 2014, s. 1-140.

Matas, Anna og Raymond, José-Luis. «*The demand elasticity on tolled motorways.*» Journal of Transportation and Statistics vol.6. nr.23, 2003, s. 91-108.

Odeck, James og Bråthen, Svein. «*Travel demand elasticities and users attitudes: A case study of Norwegian toll projects.*» Transport Research Part A Volume 42, 2008, s. 77-94.

Odeck, James og Johansen, Kjell. «*Elasticities of fuel and traffic demand and the direct rebound effects: An econometric estimation in the case of Norway.*» Transport Research Part A Volume 83, 2016, s. 1-13.

Ruter Årsrapport 2007-2008, <https://ruter.no/om-ruter/rapporter-planer-prosjekter/>.

Sporveiens Årsrapport 2004-2006, https://www.sporveien.com/inter/omktp/rapporter/arkiv?p_type=98.

Stangeby, Ingunn; Haukeland, Jan Vidar og Skogli, Arne. «*Reisevaner i Norge 1998.*» TØI rapport 418/1999, februar 1999, s. 1-74.

Statens Vegvesen. «Konsekvensanalyser.» Håndbok V712, 2014.

Vibe, Nils. «*Norske reisevaner.*» TØI-rapport 183/1993, mai 1993, s. 1-67.

A2 Statistikk

SSB 2015 Tabell: 01963: Registrerte kjøretøy, etter drivstofftype og kjøringens art og Tabell: 07849: Registrerte kjøretøy, etter kjøringens art og drivstofftype (K)

SSB 2016a: Tabell 09654: Priser på drivstoff (kr per liter).

SSB 2016b: Tabell: 03068: Hovedposter fra ligninga for bosatte personer 17 år og eldre, etter kjønn. Gjennomsnitt for alle (kr) (K)

SSB 2016c: 03031: Folkemengde, etter kjønn, tiårige aldersgrupper og sivilstand. 1. januar (F)

A3 Bøker

Verbeek, Marno. *A Guide to Modern Econometrics. 4th edition.* Padstow, Cornwall, GB: TJ International LTD, 2012.

Woolridge, Jeffrey M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach, 5th international edition.* Canada: 2013.

A4 Nettsteder

Akershus kommune 2015, http://statistikk.akershus-fk.no/webview/index/no/StatistikkServer/Statistikk-Akershus.c.StatistikkServer/Naeringer-sysselsetting-og-pendling.d.7/Pendling.d.25/Pendlingsstroemmer-mellom-kommuner/fCube/AFKpendlingsstromny_C1, sitert august 2016.

Autopass 2008, <http://www.autopass.no/Nyhetsarkiv/nye-takster-for-bomringen-i-oslo>, sitert august 2016.

Fjellinjen Årsrapport 2015, 2016. <http://www.fjellinjen.no/Documents/arsrapporter/2015.pdf/>, sitert august 2016.

Miljødirektoratet, 2006. [http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/Old-klif/2006/Desember 2006/Utslipp fra bensin og dieslbiler/](http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/Old-klif/2006/Desember%202006/Utslipp%20fra%20bensin%20og%20dieslbiler/), sitert august 2016.

Appendiks B: Detaljerte modellspesifikasjoner

Modellspesifikasjonene i kapittel 5. Alle kontinuerlige variabler er gitt på logaritmisk form.

$$(1) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t$$

$$(2) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Populasjon}_t$$

$$(3) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t$$

$$(4) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t + \beta_3 \text{Stasjon}_i$$

$$(5) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t + \beta_3 \text{Årlig}_t$$

$$(6) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t + \beta_3 \text{Årlig}_t + \text{Kollektivavganger}_t$$

$$(7) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t + \beta_3 \text{Årlig}_t + \text{Kollektivkapasitet}_t$$

$$(8) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Bompenger}_t + \beta_2 \text{GKutenBom}_t + \beta_3 \text{Inntekt}_t$$

$$(9) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Bompenger}_t + \beta_2 \text{GKutenBom}_t + \beta_3 \text{Inntekt}_t + \text{Kollektivavganger}_t$$

$$(10) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Bompenger}_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t$$

$$(11) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{BompengerLett}_t + \beta_2 \text{Inntekt}_t$$

$$(12) \text{ Passeringer}_{it} = \alpha_0 + \gamma \text{Passeringer}_{it-1} + \alpha_1 GK_t + \alpha_2 \text{Inntekt}_t + \text{Kollektivavganger}_t$$

$$(13) \text{ Passeringer}_{it} = \alpha_0 + \gamma \text{Passeringer}_{it-1} + \alpha_1 \text{Bompenger}_t + \alpha_2 \text{Inntekt}_t + \text{Kollektivavganger}_t$$

Appendiks C

$$(14) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Populasjon}_t + \beta_3 \text{Stasjon}_i$$

$$(15) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 GK_t + \beta_2 \text{Populasjon}_t + \beta_3 \text{Årlig}_t$$

$$(16) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Bompenger}_t + \beta_2 \text{GKutenBom}_t + \beta_3 \text{Populasjon}_t$$

$$(17) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Bompenger}_t + \beta_2 \text{GKutenBom}_t + \beta_3 \text{Populasjon}_t + \text{Kollektivavganger}_t$$

$$(18) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Bompenger}_t + \beta_2 \text{Populasjon}_t$$

$$(19) \text{ Passeringer}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{BompengerLett}_t + \beta_2 \text{Populasjon}_t$$

Appendiks C: Tabeller

For å beregne generaliserte kostnader for den gjennomsnittlige reise vektes tidskostnadene med gjennomsnittlig tidsbruk for en bilreise, og distansekostnadene med gjennomsnittlig antall kilometer for en bilreise. Metoden for å beregne GK er tidligere beskrevet i avsnitt 2.5.

Generaliserte kostnader vil variere for lette og tunge kjøretøy, så for å finne et estimat for regionen som helhet vil ulike generaliserte kostnadene vektes med andelen lette og tunge kjøretøy. Andelen antas 90 prosent lett- og 10 prosent tungtransport.

År	GK Totalt	GK, Lette Kjøretøy	GK, Tunge Kjøretøy
1991	Kr 69,72	Kr 58,81	Kr 167,92
1992	Kr 70,29	Kr 59,56	Kr 166,89
1993	Kr 70,68	Kr 59,91	Kr 167,60
1994	Kr 71,07	Kr 59,79	Kr 172,67
1995	Kr 72,27	Kr 60,65	Kr 176,78
1996	Kr 72,25	Kr 60,57	Kr 177,32
1997	Kr 72,23	Kr 60,62	Kr 176,76
1998	Kr 71,84	Kr 60,25	Kr 176,22
1999	Kr 74,88	Kr 62,57	Kr 185,58
2000	Kr 75,48	Kr 62,99	Kr 187,84
2001	Kr 74,88	Kr 62,56	Kr 185,71
2002	Kr 72,88	Kr 61,10	Kr 178,88
2003	Kr 72,57	Kr 60,81	Kr 178,41
2004	Kr 76,99	Kr 64,86	Kr 186,20
2005	Kr 77,31	Kr 65,06	Kr 187,58
2006	Kr 83,05	Kr 70,19	Kr 198,79
2007	Kr 82,85	Kr 69,98	Kr 198,66
2008	Kr 88,23	Kr 73,12	Kr 224,18

Tabell C1: Generaliserte kostnader (GK) for en gjennomsnittlig reise i Oslo-regionen, totalt og for hhv. lette og tunge kjøretøy i 1991-NOK.

År	Andel av GK som er bomutgifter	Andel av GK som er tidskostnad	Andel av GK som er drivstoff	Andel av GK som er andre kostnader	Sum
1991	17 %	47 %	9 %	27 %	100 %
1992	18 %	46 %	9 %	26 %	100 %
1993	18 %	45 %	10 %	28 %	100 %
1994	17 %	45 %	10 %	28 %	100 %
1995	18 %	44 %	10 %	27 %	100 %
1996	18 %	44 %	10 %	27 %	100 %
1997	18 %	44 %	11 %	27 %	100 %
1998	17 %	45 %	11 %	27 %	100 %
1999	16 %	47 %	11 %	26 %	100 %
2000	16 %	46 %	12 %	26 %	100 %
2001	17 %	47 %	11 %	26 %	100 %
2002	19 %	45 %	10 %	26 %	100 %
2003	19 %	45 %	10 %	26 %	100 %
2004	24 %	42 %	10 %	24 %	100 %
2005	23 %	42 %	10 %	24 %	100 %
2006	21 %	43 %	11 %	25 %	100 %
2007	21 %	44 %	11 %	25 %	100 %
2008	24 %	42 %	10 %	24 %	100 %

Tabell C2: Forskjellige kostnadsposter som andel av generaliserte kostnader for lette kjøretøy for en gjennomsnittlig reise i Oslo-regionen, 1991 til 2008.

<i>År</i>	<i>Andel av GK som er bompenger</i>	<i>Andel av GK som er tidskostnad</i>	<i>Andel av GK som er drivstoff</i>	<i>Andel av GK som er andre kostnader</i>	<i>Sum</i>
1991	12 %	68 %	5 %	16 %	100 %
1992	12 %	68 %	5 %	16 %	100 %
1993	11 %	66 %	6 %	16 %	100 %
1994	11 %	64 %	9 %	16 %	100 %
1995	12 %	63 %	9 %	16 %	100 %
1996	12 %	62 %	10 %	15 %	100 %
1997	12 %	63 %	10 %	16 %	100 %
1998	12 %	63 %	10 %	16 %	100 %
1999	11 %	65 %	10 %	15 %	100 %
2000	11 %	64 %	11 %	15 %	100 %
2001	11 %	65 %	9 %	15 %	100 %
2002	13 %	63 %	9 %	15 %	100 %
2003	13 %	64 %	9 %	15 %	100 %
2004	16 %	61 %	9 %	14 %	100 %
2005	16 %	60 %	9 %	14 %	100 %
2006	15 %	60 %	10 %	15 %	100 %
2007	15 %	60 %	10 %	15 %	100 %
2008	24 %	54 %	10 %	13 %	100 %

Tabell C3: Forskjellige kostnadsposter som andel av generaliserte kostnader for tunge kjøretøy for en gjennomsnittlig reise i Oslo-regionen, 1991 til 2008.

Koeffisienter

	b	B	b-B	$(SE_b - SE_r)^2$
<i>Estimeringsmetode</i>	Fixed Effects	Random Effects	Forskjell	Standardfeil kvadrert
GK	353.3994	353.3994	1.11e-11	.0000748
Inntekt	0.745914	0.745914	0.00	0

Tabell C4:

H0: Forskjellene i koeffisientene er ikke systematiske

$$H = (b - B)' [Var(b) - Var(B)]^{-1} (b - B)$$

H angir Hausmann statistikken. Under null-hypotesen vil statistikken ha en asymptotisk chi-kvadrert fordeling med følgende frihetsgrad som i dette tilfellet er 2.

$$Chi2(2) = (b-B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b-B) = 0.00$$

$$Prob > chi2 = 1.00$$

Fixed Effects er konsistent. Random Effects er konsistent og effisient.

<i>Modellspesifikasjon</i>	(14)	(15)
<i>Avhengig variabel</i>	Log gj.snittlig antall passering	Log gj.snittlig antall passering
<i>Estimeringsmetode</i>	Random Effects	Random Effects
<i>Log GK</i>	-0.352* (-2.00)	-0.388* (-2.09)
<i>Log Populasjon</i>	1.175** (2.37)	1.021** (2.40)
<i>Log Inntekt</i>		
<i>Konstantledd</i>	-1.607 (-0.27)	0.612 (0.12)
<i>Kontrollert for veiprosjekter⁴</i>	Årlig	Stasjon
<i>Kontrollert for kollektivtilbud</i>	Nei	Nei
<i>År</i>	1991- 2008	1991- 2008
<i>Utvalgsstørrelse</i>	341	341
<i>Justert R-kvadrert</i>	0.12	0.11

C5: Resultater fra regresjon tilsvarende (4) og (5) i tabell 5-2, men med befolkning som kontroll i stedet for inntekt. Gjennomsnittlig antall passeringer som avhengig variabel. Med t-statistikk i parentes, * p < 0.05, ** p < 0,01, * p < 0.001. Benytter robuste standardavvik. År 1991 til 2008.**

⁴ Årlig og stasjon refererer til metodene for kontroll av veiprosjekter fra avsnitt 3.2.3. «Stasjon» tilsvarer idiosynkratiske kontrollering (metode 1) og «Årlig» tilsvarer kontrollen som kun er tidsdimensjonal (metode 2).

<i>Modellspesifikasjon</i>	(16)	(17)	(18)	(19)
<i>Avhengig variabel</i>	Log gj.snittlig antall passering	Log gj.snittlig antall passering	Log gj.snittlig antall passering	Log gj.snittlig antall passering
<i>Estimeringsmetode</i>	Random Effects	Random Effects	Random Effects	Random Effects
<i>Log Bompenger</i>	-0.174** (-2.75)	-0.206** (2.81)	-0.151*** (3.44)	
<i>Log Bompenger, lettkj.</i>				-0.166*** (-3.48)
<i>Log GK u/ bompenger</i>	-0.044 (-0.73)	-0.069 (-1.03)		
<i>Log Populasjon</i>	1.089** (2.75)	1.118** (2.80)	1.059** (2.69)	1.062** (2.72)
<i>Konstantledd</i>	-1.353 (-0.27)	-1.555 (-0.31)	-1.193 (-0.24)	-1.214 (-0.24)
<i>Kontrollert for veiprosjekter</i>	Nei	Stasjon	Nei	Nei
<i>Kontrollert for kollektivtilbud</i>	Nei	Nei	Nei	Nei
<i>År</i>	1991 - 2008	1991 - 2008	1991 - 2008	1991 - 2008
<i>Utvalgsstørrelse</i>	341	341	341	341
<i>Justert R-kvadrert</i>	0.12	0.13	0.12	0.12

C6: Resultater fra regresjon tilsvarende (8) til (11) i tabell 5-3, men med befolkning som kontroll i stedet for inntekt. Gjennomsnittlig antall passeringer som avhengig variabel. Med t-statistikk i parentes, * p < 0.05, ** p < 0,01, * p < 0.001. Benytter robuste standardavvik. År 1991 til 2008.**



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen