



**TØI rapport
402/1998**

Bilhold, bilbruk, ulykker og personskader

Lasse Fridstrøm

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0802-0175
ISBN 82-480-0060-5

Oslo, oktober 1998

Tittel: Bilhold, bilbruk, ulykker og personskader

Forfatter(e): Lasse Fridstrøm

TØI rapport 402/1998

Oslo, 1998-10

65 sider

ISBN 82-480-0060-5

ISSN 0802-0175

Finansieringskilde:

Samferdselsdepartementet

Prosjekt: 1938 Prognosemodeller for trafikkulykker

Prosjektleder: Lasse Fridstrøm

Kvalitetsansvarlig: Rune Elvik

Emneord:

Vegtrafikk; Ulykker; Økonometrisk modell

Sammendrag:

Ved hjelp av den økonometriske modellen TRULS beskrives sammenhengene mellom bilhold, bilbruk, bilbeltebruk, trafikkulykker, personskader og et bredt spekter av uavhengige variable. De sistnevnte består i hovedsak av veginfrastruktur, vegvedlikehold, kollektivtilbud, befolkning, inntekter, drivstoffpriser, bilpriser, rente- og skattesatser, kjøretøyparkens sammensetning, vær- og dagslysforhold, trend- og kalendereffekter, lovgivning, alkoholtilgang og rapporteringsrutiner. Modellen er basert på månedlige data for alle norske fylker gjennom perioden 1973-94.

Title: Car ownership, road use, accidents, and injuries

Author(s): Lasse Fridstrøm

TØI report 402/1998

Oslo: 1998-10

65 pages

ISBN 82-480-0060-5

ISSN 0802-0175

Financed by:

Norwegian Ministry of Transport and Communications

Project: 1938 Road accident forecasting models

Project manager: Lasse Fridstrøm

Quality manager: Rune Elvik

Key words:

Traffic; Accidents; Econometric model

Summary:

The TRULS model explains the number of road casualties in Norway, by province and month, by means of a six-layer structure of econometric equations, including car ownership, road use, seat belt use, injury accidents, injury victims, and accident severity as (sets of) dependent variables. Independent variables include road infrastructure (investment and maintenance), public transportation supply, population, income, fuel prices, vehicle prices, interest level, vehicle pool composition and fuel efficiency, weather and daylight, calendar and trend effects, legislative measures, access to alcohol, and reporting routines.

Language of report: Norwegian

Rapporten kan bestilles fra:

Transportøkonomisk institutt, Biblioteket

Gaustadalleen 21, 0349 Oslo

Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

The report can be ordered from:

Institute of Transport Economics, The library

Gaustadalleen 21, NO 0349 Oslo, Norway

Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 1998

Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis

Forord

Denne rapporten markerer avslutningen på prosjektet “Prognosemodeller for trafikkulykkene”. Øvrige publikasjoner fra prosjektet er TØI-notat 1027/1996 “Prognoser for trafikkulykkene” og TØI-notat 1067/1997 “Perspektiv på trafikkulykkene”.

Innholdet i denne rapporten er i all hovedsak basert på resultater fra den økonometriske modellen TRULS, som er en del forfatterens dr.polit.-avhandling. For en fullstendig teknisk dokumentasjon av metode og resultater viser vi til denne avhandlingen, som vil foreligge i løpet av få måneder, med tittelen “Econometric models of road use, accidents, and road investment decisions”.

Prosjektet har vært finansiert av Samferdselsdepartementet. Prosjektleder ved TØI har vært Lasse Fridstrøm. Jannicke Eble har hatt ansvar for tekstbehandlingen.

Oslo, oktober 1998

TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

Knut Østmoe
instituttjef

Rune Elvik
forskningsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1. Bakgrunn og problemstilling	1
2. Modellen TRULS.....	3
2.1 Avhengige og uavhengige variable.....	4
2.2 Data og metode	5
3. Trafikkarbeidet i fylkene.....	6
3.1 Problemstilling og metode.....	6
3.2 Sammenhengen mellom drivstofforbruk og værforhold.....	7
3.3 Trafikkutviklingen 1973-94.....	9
3.4 Konklusjon: et sterkt forbedret tallmateriale for trafikk	13
4. Bilhold og bilbruk	14
4.1 Inntektsvirkninger.....	14
4.3 Drivstoffpriser.....	17
4.4 Kapitalkostnader	19
5. Bilbeltebruk.....	23
6. Direkte og indirekte ulykkeseffekter.....	28
6.1 Eksponering	28
6.2 Priser	33
6.2.1 Renter og skatt	33
6.2.2 Drivstoffpriser	36
6.2.3 Sporveistakster	36
6.3 Inntekt.....	36
6.4 Vegnett.....	38
6.4.1 Veginvesteringer	38
6.4.2 Vegvedlikehold	40
6.5 Befolkning	41
6.6 Beltebruk.....	44
6.7 Dagslys	46
6.8 Værforhold.....	48
6.9 Tilgang til alkohol.....	51
6.9.1 Utsalgssteder	51
6.9.2 Skjenkesteder	55
6.10 Kalendereffekter	55
6.11 Risikotrend.....	58
7. Forslag til videre arbeid	60
7.1 Dødsulykker.....	60
7.2 Eksponering, atferdstilpasning, hastighet og risiko	60
7.3 Forklaringsfaktorenes bidrag til forklaring.....	61
7.4 Graviditet	61
7.5 Alkohol	61
7.6 Bilholdsmodellen	62
Litteratur.....	63

Sammendrag:

Bilhold, bilbruk, ulykker og personskader

Problemstilling

Tallet på inntrufne trafikkulykker kan betraktes som utfallet av en komplisert samfunnsmessig prosess, hvor det inngår et nærmest uendelig stort antall faktorer og forhold. På ytterst grovt nivå kan en f eks skille mellom

- (1) *utenfra gitte drivkrefter* som vanskelig kan styres (været, oljeprisen, folke- mengden etter kjønn og alder, osv),
- (2) *overordnede samfunnsforhold* (utenfor samferdselsområdet) som i begrenset grad kan påvirkes gjennom generelle politiske tiltak (disponibel inntekt, næringsvirksomhet, sysselsetting, bosetting, m v),
- (3) trekk ved *samferdselen* som i betydelig grad kan styres gjennom samferdsels- politikken, men som ikke vanligvis oppfattes som en del av trafikksikkerhets- politikken (bilparkens størrelse og sammensetning, førerkortinnhav, reise- vaner, transportinfrastruktur, kollektivtilbud, drivstoffpriser, m v),
- (4) (endringer i) *rutinene for ulykkesrapportering* og
- (5) *rene tilfældigheter*.

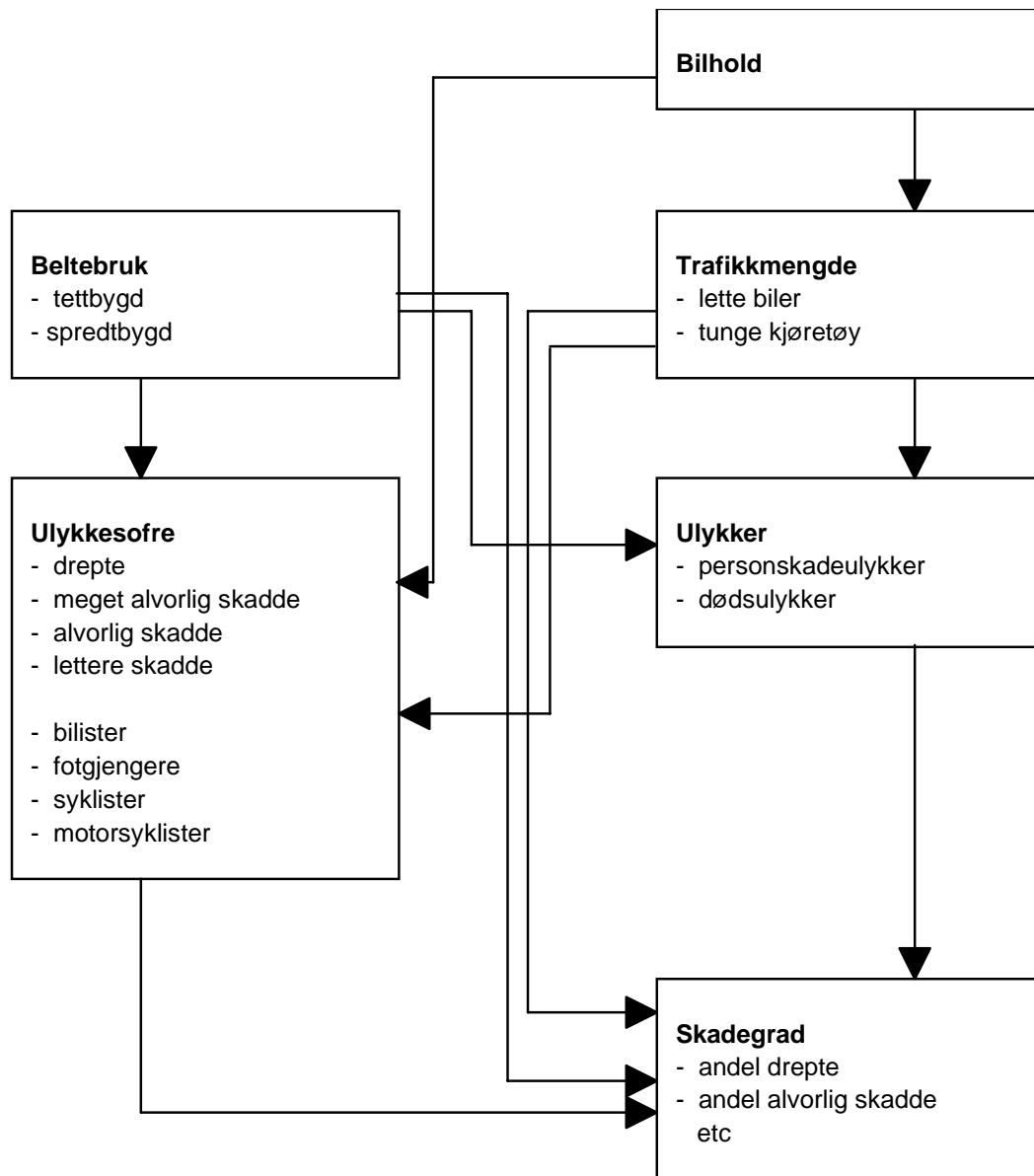
Først når vi tatt høyde for utviklingen i disse forholdene kan vi tolke endringer i ulykkestallene som uttrykk for virkningene av

- (6) de *rene trafikksikkerhetstiltak*, dvs tiltak med sikte på å redusere skaderisikoen pr utreist kilometer med de enkelte reisemidler (bilbeltepåbud, promillelov- givning, fartsgrenser, fysiske vegtiltak, sikkerhetskrav til kjøretøy, m v).

Et ensidig fokus på trafikksikkerhetstiltak innebærer, i en viss forstand, at en "forutsetter bort" endringer i de andre påvirkningsfaktorene. Implisitt antas disse å være konstante. Men dette er sjelden realistisk. I virkeligheten vil endringer i de sosioøkonomiske forhold utgjøre regelen snarere enn unntaket. Slike endringer kan i mange tilfeller ha store konsekvenser, og muligens gi større utslag i ulyk- kestillene enn selv de mest effektive trafikksikkerhetstiltak som iverksettes. Ved utforming av samferdsels- og trafikksikkerhetspolitikken vil det være av interesse å ha kunnskap om slike sammenhenger.

Modellen TRULS

For å forstå ulykkene på norske veier i et slikt utvidet perspektiv har vi bygget opp den økonometriske modellen **TRULS** (“**T**Rafikk, **U**Lykker og deres **S**kadegrad”).



Figur 1: Avhengige variable i modellen TRULS

TRULS skiller seg fra de fleste andre statistiske ulykkesanalyser ved at vi går flere steg bakover i den samfunnsmessige årsakskjeden som leder fram til vegtrafikkulykkene. En kan si at vi, i tillegg til å forklare ulykkestallene ved hjelp av et antall variable, i neste steg også forsøker å “forklare forklaringsvariablene”, med sikte på en enda dypere forståelse av prosessen.

Modellen består derfor av en rekke *avhengige* variable i tillegg til ulykkestallene. Disse er vist i figur 2.1.

Tabell 1: Uavhengige variable i TRULS

Uavhengig variabel	Virker direkte på (avhengige variable)					
	Bilhold	Vogn-km	Beltebruk	Ulykker	Ofre	Skadegrad
Infrastruktur	√	√		√	√	√
Vegvedlikehold				√	√	√
Offentlig transporttilbud	√	√		√	√	√
Befolkning	√	√		√	√	√
Inntekt	√	√				
Priser	√	√				
Rentenivå	√					
Skatter og avgifter	√	√				
Kjøretøykarakteristika		√	√	√	√	√
Dagslys		√		√	√	√
Værforhold		√		√	√	√
Kalendereffekter		√		√	√	√
Geografi	√	√	√	√	√	√
Lovgivning			√	√	√	√
Bøtenivå			√			
Alkoholtilgjengelighet				√	√	√
Informasjon		√	√			
Rapporteringsrutiner				√	√	√
Tilfeldighet og målefeil	√	√	√	√	√	√

Grovt inndelt består de avhengige variablene av bilhold, trafikkmengde, bilbeltebruk, (personskade)ulykker, ulykkesofre (dvs skadde og drepte) og skadegrad. De avhengige variablene kjennetegnes ved at disse ikke forutsettes gitt (konstante), men forklares og predikeres i modellen.

De uavhengige variable framgår av tabell 1, der det også vises hvilke avhengige variable de antas å virke på. Siden enkelte av de avhengige variable også inngår som forklaringsfaktorer ("uavhengige" variable) for andre avhengige variable, regner modellen med både direkte og indirekte virkninger. Rentenivået (kapitalkostnaden) inngår f.eks. som forklaringsfaktor i bilholdsmodellen, men ikke i vognkilometermodellen (trafikkarbeidet). Men siden bilhold inngår som forklaringsfaktor for trafikkarbeidet, og trafikkarbeidet som forklaringsfaktor for ulykkene, påvirker rentenivået *indirekte* både trafikkmengden og ulykkestallet - i modellen såvel som i virkeligheten.

Enheten (observasjonsenheten) i TRULS er måned \times fylke. Det innebærer at vi, for hver måned (i perioden 1973-1994) og hvert fylke, har samlet og systematisert data om ulykker, kjøretøykilometer, bilhold og alle andre variable som framgår av

figur 1 og tabell 1, i nokså stor detalj. Datamaterielet er med andre ord et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale.

Resultatene fra TRULS presenteres i form av *elastisiteter*. Det vil si at vi angir hvor mange prosents endring som finner sted i en avhengig variabel (f eks antall personskadeulykker) som følge av en én prosents økning i en uavhengig variabel (f eks trafikkarbeidet). Elastisitetene er å oppfatte som *gjennomsnittlige virkningstall* basert på samvariasjonsmønstrer i perioden 1973-94, men beregnet med utgangspunkt i det gjennomsnittlige nivået i fylkene pr 1994. De bør ikke tolkes helt bokstavelig eller forstås dithen at de gir eksakte forutsigelser om ulykkestall i den enkelte konkrete situasjon.

Usikkerhet

Generelt er det mange kilder til usikkerhet i den analyse som er foretatt. Det er mange måter å formulere en modell på, og hver måte vil innebære en bestemt fortolkning av de foreliggende data. Det finnes intet fasitsvar på spørsmålet om hvilken modell som er den “riktige” eller “sanne”. I siste instans blir vurderingen av modellens holdbarhet et spørsmål om tiltro til den teori som er lagt til grunn og til det uunngåelige faglige skjønn som er lagt til grunn ved den konkrete anvendelsen av teorien.

I noen grad har en kontroll med usikkerheten i en statistisk analyse (som vår) gjennom såkalte signifikanstester. I denne rapporten vil vi stort sett bare omtale resultater som er statistisk signifikante (utsagnskraftige), dvs at virkningene er såpass klare at de neppe kan skyldes tilfeldige utslag.

Usikkerheten er større jo spinklere ulykkesdatamateriale analysen bygger på. Konkret innebærer dette at virkningen på antall dødsofre eller dødsulykker, som det er forholdsvis få av, er mer usikre enn de tilsvarende virkningstall for personskadeulykker. Vi har derfor i denne rapporten lagt hovedvekt på personskadeulykkene og noe mindre vekt på dødsulykkene.

Den analysemetode som er anvendt er dessuten noe mindre egnet for særlig små ulykkestall, og kan forbedres. En fornyet analyse av dødsulykkestallene vil derfor være en prioritert oppgave ved en eventuell videreføring av modellarbeidet.

Trafikkstatistikk

Den uten sammenlikning viktigste forklaringsfaktor bak utviklingen (og de regionale variasjoner) i ulykkestallene, er uten særlig tvil trafikken, eller – mer presist – *antall utkjørte kjøretøykilometer*.

Det finnes ingen statistiske oppgaver over utkjørte kjøretøykilometer i de enkelte fylker og måneder. Første trinn i arbeidet med TRULS har derfor vært å *beregne* slike tall.

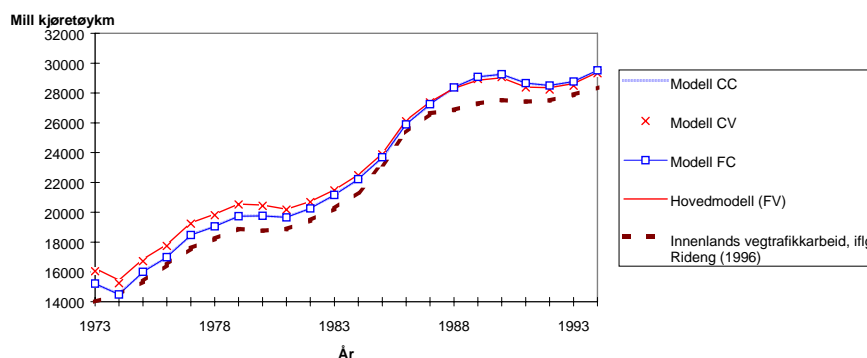
Disse beregningene kan beskrives som en kombinasjon av drivstoffsalgstatistikk, trafikkteilinger og en del andre relevante data. Kort fortalt utnytter vi tidsserievariasjonen i trafikkteilingene til å “rense” drivstoffsalgstallene for de fleste faktorer som fører til variasjon i drivstofforbruket (egentlig -salget) pr

vognkilometer. Disse faktorene inkluderer kjøretøyparkens energieffektivitet, drivstofforbruk utenfor vegtrafikksektoren, vær- og føreforhold, samt visse hamstrings- eller lagerendringseffekter av drivstoffprisvariasjoner eller kalenderavhengige trafikkmønstre.

Implisitt innebærer dette at vi beregner et sett korreksjonsfaktorer som kan nyttes til å “oversette” fra drivstoffsalg til trafikkarbeid. På denne måten blir vi i stand til å utnytte den ytterst rikholdige drivstoffsalgstatistikken til å konstruere pålitelige, månedlige tall for det fylkesvise trafikkarbeidet, fordelt på lette og tunge kjøretøy, gjennom hele perioden 1973-1994. Slike tall har tidligere ikke vært tilgjengelige.

Som biprodukt får vi fram ny informasjon om hvordan drivstofforbruket pr vognkilometer avhenger av nedbør- og temperaturvariasjoner og av hvordan prisvariasjoner leder til lagerendringer hos forhandlerne.

Når en summerer våre beregnede vognkilometertall over alle fylker og over alle måneder i løpet av det enkelte år, får en fram en tidsserie som kan sammenliknes med offentlig statistikk (figur 2). Som det framgår av figuren viser våre tall¹, til forskjell fra offentlig statistikk, en klar nedgang i trafikken etter den første store oljeprisforhøyelsen i 1973, en kraftig vekst på slutten av 80-tallet, og en klar tilbakegang i starten av 90-tallet.



Figur 2: Samlet årlig vegtrafikkarbeid i Norge, ifølge fire beregningsmodeller og ifølge offentlig statistikk

Vi tror våre modellberegnete vognkilometertall gir et riktigere og mer fullstendig bilde av trafikikutviklingen på nasjonalt nivå enn noen annen, hittil tilgjengelig datakilde. I tillegg har vi altså, for første gang, fått fram tall på måneds- og fylkesnivå.

Ulykker og eksponering

Den viktigste og mest grunnleggende enkeltårsak til trafikkulykkene er trafikken.

Men trafikken – eller *eksponeringen*, som vi sier i risikoanalyse – er dessuten ikke én variabel, men flere. I modellen TRULS skiller vi mellom ulike trafikkarter, eller typer av eksponering, og beregner – med visse forbehold – bidraget fra hver

¹ Beregningene er gjort i henhold til fire alternative modeller. Alternativ FV er hovedalternativet.

trafikkart til det samlede ulykkestall og til antall tilskadekomne bilister, motorsyklister, syklistene og fotgjengere, henholdsvis.

Dersom det *samlede vognkilometertallet* (trafikkarbeidet) øker med f eks én prosent på et uforandret vegnett, kan tallet på *personskadeulykker* forventes å øke med ca 0,5 prosent. Tallet på drepte og skadde *bilister* øker med anslagsvis 0,64 prosent, mens *fotgjengerskadene* øker med anslagsvis 0,14 prosent og tallet på drepte og skadde *syklistene* med 0,48 prosent.

Ulykkeshyppigheten øker med *innslaget av tunge kjøretøy*. For hver proSENTS vekst i de tunge bilenes trafikkandel stiger *personskadeulykkene* med anslagsvis 0,15 prosent, mens antall skadde og drepte *bilister* går omtrent like mye ned. Disse tilsynelatende motstridende tallene gjenspeiler trolig det forhold at førere og passasjerer i tunge biler selv svært ofte kommer uskadd fra uhellet, mens det ved sammenstøt mellom to lette biler oftere vil være personskade hos begge parter.

Det ser ut til at det særlig er *tohjulinger* og *fotgjengere* som rammes av høyere ulykkestall når tungtrafikkinnslaget øker.

Også kollektivtrafikken innebærer en viss eksponering for risiko. En én proSENTS økning i *busstilbudet* (regnet i utkjørte vognkilometer) øker personskadeulykkene med anslagsvis 0,21 prosent, til tross for at biltrafikken går noe ned (med 0,06 prosent), noe som – isolert sett – bidrar til å redusere ulykkestallet. Veksten i busstilbudet leder til økt eksponering blant fotgjengere og syklistene og til henholdsvis 0,76 og 0,11 prosent flere personskader i disse gruppene, for hver proSENTS økning i utkjørte busskilometre.

Liknende og enda mer markante effekter gjør seg gjeldende for *trikke- og t-banetilbudet*, der dette er aktuelt.

Alle de effektene (elastisitetene) som her er omtalt, gjelder *på marginalen*, dvs ved moderate *endringer* i de uavhengige variablene. De sier ingenting om det *gjennomsnittlige* risikonivået for de ulike transportmidler eller trafikantgrupper. Dermed sier de heller ikke noe om følgene av (f eks) å *overføre* et bestemt antall reisende fra bil til buss. Ulykkeseffekten av dette vil avhenge av hvor mange nye busser som settes inn, og av store markedsandeler bilene og bussene har i utgangspunktet.

Veginvesteringer og -vedlikehold

Et utvidet vegnett (regnet i kilometer) bidrar i det lange løp til å gjøre bilbruk og bilhold mer attraktivt, gjennom forbedring av framkommeligheten. Vi har i modellen TRULS beregnet elastisiteten av *bilhold* med hensyn på *vegnettets lengde* til 0,17, dvs si at for hver proSENTS utvidelse av vegnettet stiger bilholdet på lang sikt med 0,17 prosent. *Trafikkarbeidet* (bilbruken) stiger på lang sikt med anslagsvis 0,25 prosent.

Når trafikken vokser, blir ulykkene også flere. *Personskadeulykkene* øker med anslagsvis 0,35 prosent for hver proSENTS utvidelse av vegnettet, altså noe mer enn proporsjonalt med trafikken. Dette må trolig forstås slik at forbedringen i framkommelighet bidrar til høyere hastighet og dermed til at flere ulykker ender med personskade.

Største delen av økningen i ulykestallet skyldes at flere veger stimulerer til økt bilbruk. Den beregnede økningen i risiko pr vognkilometer er beskjeden.

Vegnettets lengde kan oppfattes som et mål på vegtilbudets *kvantitet*. Som mål på *kvalitet* bruker vi *akkumulerte realinvesteringer pr km riks- eller fylkesveg*, forsinket to år.

Også vegkvaliteten, målt på denne måten, viser seg å ha betydning for bilholdet og dermed for bilbruk og ulykker. For *bilholdet* finner vi en langsiktig elastisitet på 0,17, for *bilbruken* en elastisitet på 0,16, og for *personskadeulykkene* en effekt på 0,11. Ulykkene øker med andre ord mindre enn trafikken, dvs at risikoen gjennomgående går noe ned når vegene forbedres.

Disse tallene sier lite om den eventuelle trafikksikkerhetseffekten av bestemte vegtekniske tiltak. De fleste veginvesteringer er motivert ut fra framkommelighetshensyn snarere enn sikkerhetsmål. I lys av dette er det ikke særlig overraskende at veginvesteringene i Norge i sin alminnelighet har hatt en trafikkgenereringseffekt som mer enn oppveier eventuelle sikkerhetsgevinster. Det kan av dette *ikke* sluttet at vegtekniske sikkerhetstiltak som hovedregel er ineffektive. Mange vegtiltak, så som rundkjøringer, vegrekkverk og vegbelysning, har god sikkerhetseffekt. Visse framkommelighetstiltak, så som motorveger og omkjøringsveger, har dessuten klart positive bieffekter i form av lavere ulykkesrisiko. Slike tiltak har imidlertid, i vår observasjonsperiode (1973-94), tilsynelatende ikke utgjort noen dominerende del av de samlede veginvesteringene.

For *vegvedlikehold* skiller vi i modellen TRULS mellom tre arter: *vintervedlikehold*, *vegoppmerking* og *øvrig vedlikehold*. For alle tre arter er omfanget målt i faste kroner pr km riks- eller fylkesveg.

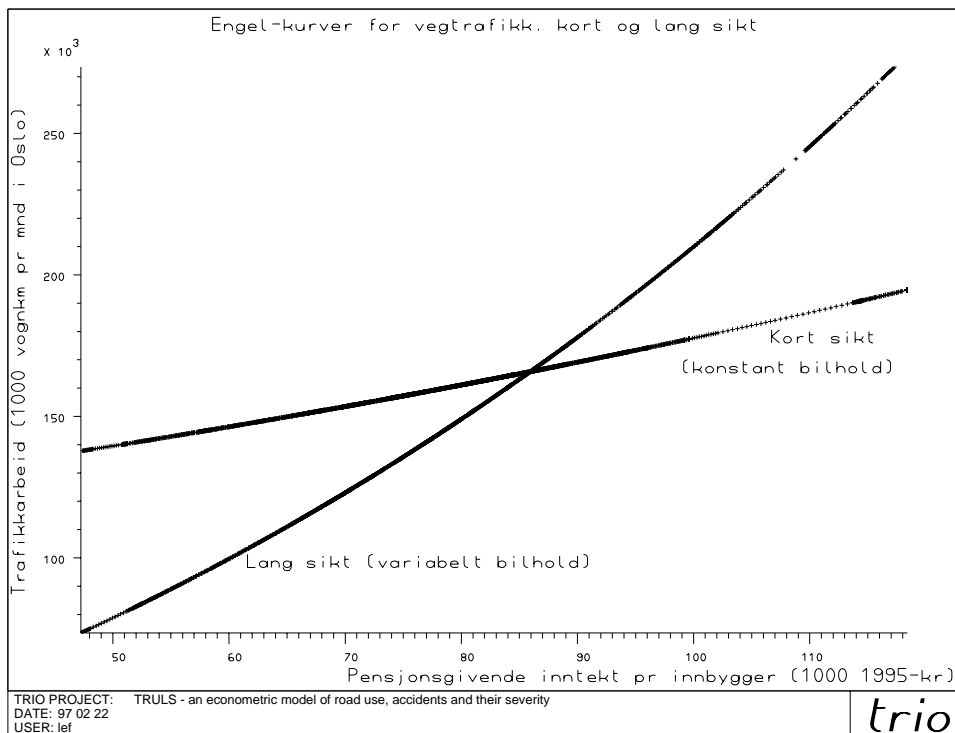
Vintervedlikeholdet har ikke statistisk påviselig effekt på personskadeulykkene. Dette *kan* skyldes at vintervedlikeholdet i Norge stort sett er adekvat, slik at det blir lite variasjon i datamaterialet.

Vegoppmerking ser derimot ut til å ha en viss ulykkesreducerende effekt, særlig for tohjulinger.

For restkategorien "*vegvedlikehold ellers*" er virkningene tvetydige og stort sett ikke statistisk signifikante. I den grad det komme til syne noen tendens i materialet, er denne ulykkesøkende, særlig for de mest alvorlige skadegrader. Dette kan tenkes å reflektere et høyere hastighetsnivå på de best vedlikeholdte vegene.

Inntekt

I figur 3 vises hvordan det samlede antall vognkilometer i et fylke er beregnet å avhenge av gjennomsnittlig (pensjonsgivende) realinntekt.



Figur 3: Sammenheng mellom inntekt og vegtrafikk i makro

Kurven er brattere på lang sikt enn på kort. Det skyldes at på kort sikt er bilholdet uendret, mens det på lang sikt endrer seg i samsvar med sammenhengen i figur 3. På lang sikt gjør det seg med andre ord gjeldende *to* effekter: en direkte og en indirekte. En inntektsøkning påvirker trafikkvolumet *direkte* ved at husholdningene får bedre råd til å reise og til å bruke de bilene de allerede disponerer. I tillegg vil en alminnelig inntektsøkning på lang sikt føre til et høyere bilhold, og dermed *indirekte* til en enda høyere bilreisefrekvens.

Det er verd å merke seg at kurvene krummer *oppover*. Det er ingen tendens til at veksttakten i biltrafikken avtar med høyere inntektsnivå, slik en kunne tenke seg dersom behovet for bilreiser etter hvert ble "mettet". Tendensen er snarere den motsatte – at bilbruk framstår som en stadig mer aktuell anvendelse av inntekts-tillegg. Dette har viktige, til dels nedslående, implikasjoner i forhold til målet og debatten om "bærekraftig utvikling".

Dersom framkommeligheten avtar og reisetiden øker etter hvert som det blir stadig flere biler på vegen, vil dette likevel bidra til at bilbruken ikke vokser fullt så bratt som vist på figuren. Kurvene viser effekten av inntekstillegg under den hypotetiske forutsetning at vegnettet hele tiden utbygges i en takt akkurat tilstrekkelig til at framkommeligheten ikke avtar selv om bilbruken øker.

Pr 1994 er inntektselastisiteten for vegtrafikk på lang sikt estimert til ca 1,6, dvs at en én prosents inntektsvekst gir seg utslag i ca 1,6 prosent større vegtrafikk. Personskadeulykkene øker med anslagsvis 0,8 prosent. Fotgjengerulykkene øker klart minst (0,19 prosent).

Rentesatser

En svært viktig prisvariabel i sammenheng med vegtrafikken er kapitalkostnaden ved bilhold. I modellen TRULS er denne kapitalkostnaden beregnet som nominell utlånsrente for private låntakere multiplisert med realprisen på nye biler i henhold til SSBs konsumprisindeks, det hele fratrukket skattefordelen av rentefradraget.

En én prosents økning i rentekostnaden ved bilhold ville, pr 1994, på lang sikt ha redusert bilparkens størrelse med anslagsvis 0,22 prosent, gitt at skattesystemet holdes uendret. Trafikkvolumet ville endre seg i nesten samme forhold. Personskadeulykkene synker mindre enn eksponeringen, nærmere bestemt med ca 0,11 prosent for hver prosents vekst i rentekostnaden ved bilhold.

Merk at vi her ikke snakker om prosentpoeng rentesats, men om *prosent av renteutgiften regnet i kroner*. En økning i den nominelle rentesatsen fra 5 til 9 prosent representerer en 80 prosents økning i utgiften, noe som vil redusere bilholdet på lang sikt med nærmere 20 prosent (sammenliknet med situasjon *uten* renteøkning) og personskadeulykkene med henimot 10 prosent, hensyn tatt til skattefradraget.

Tilsvarende effekter gjelder dersom kapitalkostnaden ved bilhold stiger, ikke som følge av høyere renter, men som følge av høyere priser på biler. Rentenivået oppviser imidlertid betydelig større variasjon over tid enn nybilprisene. Det er i denne forstand en viktigere faktor for tilpasningen på samferdselsområdet.

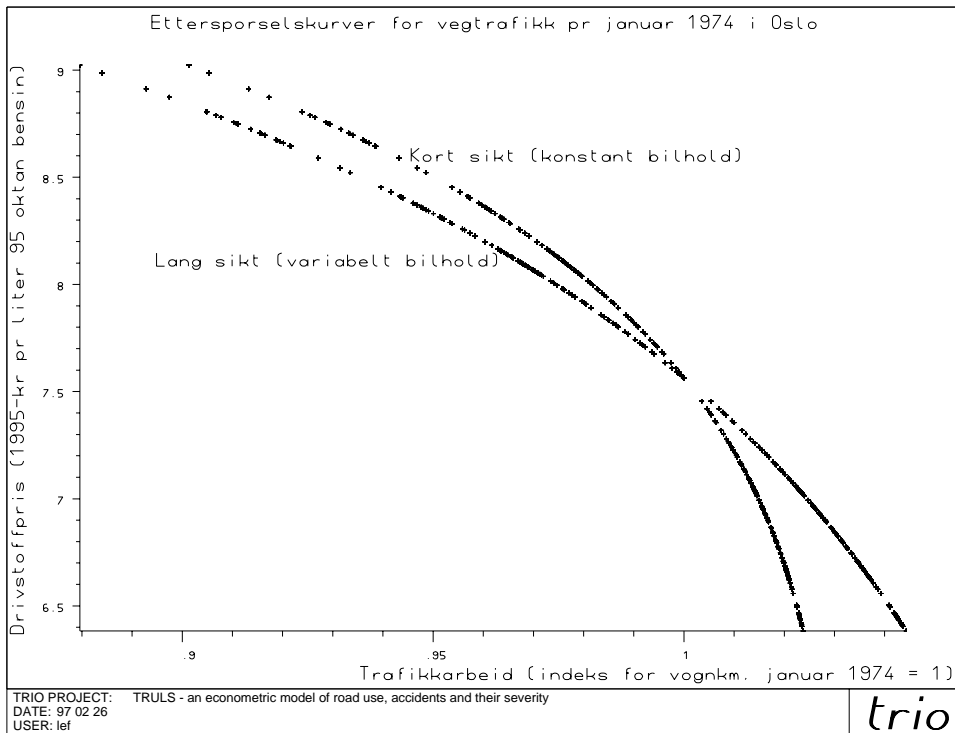
Drivstoffpriser

I figur 4 og 5 vises etterspørselskurver for vegtrafikk. Kurvene viser hvordan tallet på vognkilometer tilbakelagt i et fylke (Oslo er brukt som eksempel) henger sammen med realprisen på drivstoff.

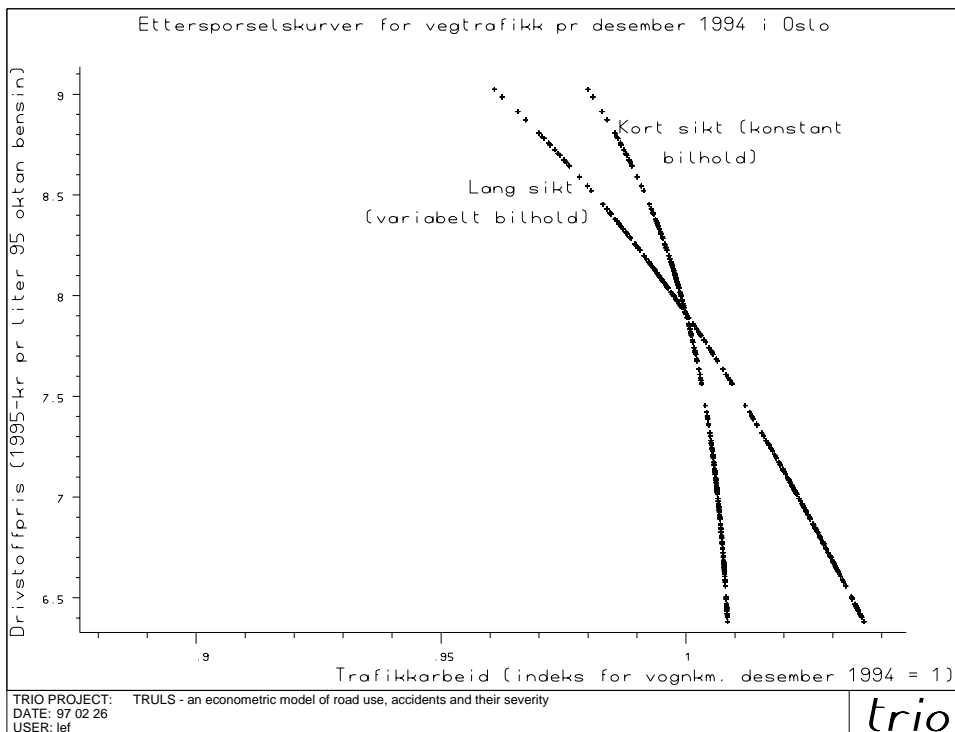
I figur 4 vises kurver pr januar 1974, i figur 5 de samme kurver pr desember 1994. Kurvene skifter over tid fordi både utgangsprisnivået og kjøretøyparkens drivstoffeffektivitet endrer seg. Realprisnivået var noe høyere i slutten av 1994 enn i januar 1974, men kjøretøyparkens gjennomsnittlige, spesifikke drivstofforbruk var på 21 år blitt betydelige lavere.

Alt i alt innebærer dette at drivstoffkostnaden pr utkjørt kilometer gjennomgående var betydelig lavere i 1994 enn i 1974. Av denne grunn er vegtrafikken blitt mindre priselastisk (prisfølsom). Pr 1994 vil en én prosents økning i drivstoffprisen på kort sikt bare gi en anslagsvis 0,11 prosents reduksjon i biltrafikken. På lang sikt (når en tar hensyn til endringen i bilhold) er elastisiteten imidlertid ca minus 0,26.

Over halvparten av drivstoffprisens virkning på trafikken kommer med andre ord via bilholdet: høye drivstoffpriser fører til at det blir mer kostbart og mindre attraktivt for husholdningene å skaffe seg (en ekstra) bil.



Figur 4: Etterspørselskurver for vegtrafikk pr januar 1974.



Figur 5: Etterspørselskurver for vegtrafikk pr desember 1994.

Ved at drivstoffprisen påvirker trafikkmengden har den indirekte også betydning for ulykkestallene. *Personskadeulykkene synker* med anslagsvis 0,13 prosent for hver proSENTS økning i bensinprisen. Noe større (–0,17 prosent) er effekten for drepte og skadde *bilister*, mens *fotgjenger-* og *syklistulykkene* påvirkes med henholdsvis –0,14 og –0,03 prosent. Alle tall gjelder med utgangspunkt i drivstoffprisene pr 1994. Med et høyere utgangsnivå vil virkningene generelt være kraftigere.

Bensinavgiften er således i prinsippet et mulig virkemiddel mot trafikkuulykker.

Bilbelter

I henhold til TRULS vil en 10 proSENTS økning i andelen som *ikke* bruker belte (dvs fra 20 til 22 prosent i tettbygd strøk og fra 10 til 11 prosent i spredtbygd strøk) medføre en anslagsvis 3 proSENTS økning i antall *drepte og skadde bilister*, en 2,4 proSENTS økning antall *personskadeulykker*, en 1,9 proSENTS økning i antall *alvorlige personskader* og en 0,6 proSENTS økning i antall *dødsopfre*. Bilbeltene ser ut til å være mindre effektive i å forhindre dødsfall enn i å redusere antallet lettere skader.

En *nedgang* i andelen som kjører uten belte, dvs en *økning* i beltebruken, vil ha tilsvarende virkninger, men med motsatt fortegn - dvs skadereduserende.

Det er fortsatt mulig å øke bilbeltebruken i Norge. Ett mulig virkemiddel er å øke boten for manglende bruk av belte. Vi har beregnet effekten av en marginal endring i realverdien av denne boten. For hver proSENTS økning i forelegget stiger bilbeltebruken med anslagsvis 0,13 prosent, noe som vil gi en anslagsvis 0,28 proSENTS reduksjon i antall drepte og skadde bilister og en 0,06 proSENTS reduksjon i antall drepte. Dersom forelegget holder seg uendret mens det alminnelige prisnivået stiger med én prosent, slik at realverdien synker, kan en – igjen – forvente tilsvarende virkninger med motsatt fortegn.

Alkoholtilgang

Alkoholtilgang er i modellen TRULS dekomponert i seks uavhengige faktorer. Tre av disse gjelder *alkoholutsalg*, de øvrige tre gjelder *skjenkebevillinger*. For hver av disse to typene tilgang skiller vi dessuten mellom *kvantitet* (totalt antall utsalg eller skjenkeretter) og *kvalitet* (andel utsalg/skjenkesteder med drikkevarer av ulik styrke).

For hver proSENTS vekst i *antall utsalgssteder for alkohol i en eller annen form* (øl, vin eller brennevin), øker tallet på *personskadeulykker* med anslagsvis 0,08 prosent.

Ikke bare øker ulykkestallene med antallet utsalgssteder – arten alkohol som tilbys spiller også inn. Jo større andel utsalgssteder som tilbyr varer med høy alkoholgehalt, desto kraftigere er virkningen. For hver proSENTS økning i *andelen utsalgssteder som fører sterkøl* øker (personskade)ulykkestallet 0,025 prosent. Og for hver prosent økning i *andelen av disse igjen som fører vin/brennevin*, øker personskadeulykkene med anslagsvis 0,04 prosent.

Effekten av en gitt *relativ* økning (f eks 10 prosent) i ølutsalgene (som utgjør langt de fleste av “utsalgssteder i alt”) synes større enn en tilsvarende (10 prosents) vekst i polutsalgene. Men dette er trolig en refleks av at ølutsalgene er langt flere i utgangspunktet, slik at en 10 prosents økning tilsvarer et langt større antall butikker.

En økning i tallet på skjenkesteder ser derimot ikke ut til å gi nevneverdig økning i trafikkulykkestallene.

Befolkningsforhold

Befolkningenes størrelse, sammensetning og økonomiske aktivitet har betydning for ulykkestallene, som for de fleste samfunnsvariable.

Det er vel kjent at ulykkesrisikoen er svært mye høyere for unge bilførere enn for middelaldrende. Ut fra dette faktum skulle en forvente at *befolkningens aldersfordeling* har betydning for det samlede ulykkestall, f eks slik at ulykkene blir flere når det er større innslag av unge (førere) i befolkningen.

Noen slik sammenheng har det imidlertid ikke vært mulig å fastslå. En økning i andelen personer i de mest ulykkesutsatte aldre gir – nokså overraskende – ingen signifikant økning i ulykkestallet. Selv om alder og kjøreeerfaring er avgjørende risikofaktorer på individnivå, er variasjonene for små, i sum for hele befolkningen, til å gi utslag i de samlede ulykkestallene.

Arbeidsledighetsraten har en svak, men statistisk påviselig effekt på bilbruk og ulykker. Ti prosent flere arbeidsledige er forbundet med en ca 0,2 prosent mindre biltrafikk og med drøyt 0,3 prosent færre personskadeulykker. I tillegg til at bilbruken går noe ned under lavkonjunktur, ser det altså ut til at risikoen også dempes noe.

Folkemengden har selvsagt betydning for bilhold, bilbruk og ulykker, men sammenhengene er ikke helt proporsjonal. For hver prosents vekst i befolkningen, øker *bilholdet* på lang sikt med 0,89 prosent, bilbruken med 0,80 prosent og *personskadeulykkene* med 0,66 prosent. Det kan se ut som det gjør seg gjeldende visse “stordriftsfordeler”, slik at transportbehovet *pr innbygger* blir noe mindre når folketettheten stiger.

En tredje befolkningsfaktor som ser ut til å påvirke ulykkestallene er graviditet, nærmere bestemt *andelen gravide i første trimester* (tremånedersperiode) *av svangerskapet blant alle kvinner 18-44 år*. For hver prosents økning i antall gravide, stiger personskadeulykkene med anslagsvis 0,18 prosent. Det kan derfor se ut til at (tidlig) graviditet utgjør en betydelig risikofaktor. For å få det endelige svar på hvorvidt dette virkelig er tilfelle må en imidlertid gjennomføre undersøkelser på individnivå. I modellen TRULS brukes kun aggregerte data, dvs sum- og gjennomsnittstall for hele fylker.

Utsiktene framover

Utviklingen de siste par år (1996-98) har vist vekst i dødsulykkene. Dette er på ingen måte overraskende i lys av den sterke vekst som har funnet sted i bilhold, bilbruk og alminnelig forbruk.

Dersom den alminnelige utlånsrenten blir liggende på et varig høyere nivå enn i 1996-97, må en imidlertid forvente en betydelig nedgang i nybilsalget på noen måneders sikt, og en etter hvert mer avdempet vekst i trafikken på noe lengre sikt. Dette tendensen vil forsterkes dersom også husholdenes realinntekter stagnerer eller går ned.

En utflating i trafikkveksten vil kunne innebære at vi igjen kommer over i en situasjon – lik perioden 1986-95 – hvor den jevne forbedringen i trafikksikkerhet (risiko) er mer enn tilstrekkelig til å oppveie veksten i trafikken. I så fall vil (døds)ulykkesallene trolig igjen begynne å peke nedover.

Dersom imidlertid den økonomiske oppgangen fortsetter, samtidig som rentenivået holder seg lavt og realprisene på biler og drivstoff holder seg stabile, er det grunn å vente en fortsatt betydelig vekst i bilparkens størrelse og dermed også i trafikkvolumet. I et slikt tilfelle vil ulykkestallene trolig fortsette å stige.

Summary:

Car ownership, road use, accidents, and injuries

A widened perspective on road accidents and safety

Road accidents occur as a result of a potentially very large number of (causal) factors exerting their influence at the same location and time. It might be fruitful to distinguish between six broad categories of factors influencing accident counts.

First, accident numbers depend on a number of truly *autonomous factors*, *determined outside the (national) social system*, such as the weather, the natural resources, the state of technology, the oil price, the population size and structure, etc – in short, factors that can hardly be influenced (except perhaps in the very long term) by any (single) government, no matter how strong the political commitment.

Second, they depend on a number of *general socio-economic conditions*, some of which are, in practice or in principle, subject to political intervention, although rarely with the explicit purpose of promoting road safety, nor – more generally – as an intended part of transportation policy (industrial development, (un)employment, disposable income, consumption, taxation, inflation, public education, etc).

At a third level, the size and structure of the *transportation sector*, and the policy directed towards it, obviously have a bearing on accident counts, although usually not intended as an element of road safety policy (transport infrastructure, public transportation level-of-service and fares, overall travel demand, modal choice, fuel and vehicle tax rates, size and structure of vehicle park, driver's license penetration rates, etc). Most importantly, many of these factors are strongly associated with aggregate *exposure*, i e with the total volume of activities exposing the members of society to road accident risk.

Fourth, the accident statistics depend, of course, on the system of *data collection*. Accident underreporting is the rule rather than the exception. Changes in the reporting routines are liable to produce fictitious changes in the accident counts.

Fifth, accidents counts, much like the throws of a die, are strongly influenced by sheer *randomness*, producing literally unexplainable variation. This source of variation is particularly prominent in small accident counts. For larger accident counts, the law of large numbers prevails, producing an astonishing degree of long-run stability, again in striking analogy with the dice game.

Finally, accident counts are susceptible to influence, and – indeed – influenced, by *accident countermeasures*, i e measures intended to reduce the risk of being involved or injured in a road accident, as reckoned per unit of exposure.

Although generally at the center of attention among policy-makers and practitioners in the field of accident prevention, this last source of influence is far from being the only one, and may not even be the most important. To effectively combat road casualties at the societal level, it appears necessary to broaden the perspective on accident prevention, so as to – at the very least – incorporate *exposure* as an important intermediate variable for policy analysis and intervention.

TRULS – a member of the DRAG family of models

To understand the process generating accidents on Norwegian roads in such a widened perspective, we have set out to construct the model TRULS.

The TRULS model is a member of a larger family of model, all inspired by the DRAG model for Quebec, and explaining the Demand for Road use, Accidents and their Gravity, whence the acronym DRAG:

- DRAG (Demand Routière, les Accidents et leur Gravité), authored by Gaudry (1984) and further developed by Gaudry et al (1995), covering the state of Quebec.
- SNUS (Straßenverkehrs-Nachfrage, Unfälle und ihre Schwere), authored by Gaudry and Blum (1993), covering Germany.
- DRAG-Stockholm, authored by Tegnér and Loncar-Lucassi (1996), covering the Stockholm county of Sweden.
- TAG (Transports, Accidents, Gravité), authored by Jaeger and Lassarre (1997), covering France
- TRULS (TRafikk, Ulykker og Skadegrad), the present author, covering Norway.

The common features of all members of the DRAG family is an at least *three-layer recursive structure of explanation*, involving road use, accident frequency, and severity, and an econometric technique – called *BC-GAUHESEQ* (*Box-Cox Generalized AUtoregressive HEeteroskedastic Single EQuation*) – allowing for estimably non-linear relationships (Gaudry et al 1993, Liem et al 1993).

Road use (traffic volume) is not considered an exogeneous factors, but explained by a number of socio-economic, physical and political variables. *Accident frequency* is modeled depending on road use, the presumably single most important causal factor. *Accident severity* is modeled as the number of severe injuries or fatalities per accident, i e as the conditional probability of sustaining severe injury given that an accident takes place.

Thus, the total number of fatalities (e g) is decomposable into two parts: the number of accidents × the number of fatalities per accident. This multiplicative decomposition allows for added insights and interesting substantive interpretations, as we shall see later on.

The general structure of TRULS

Some DRAG-type models include additional layers of explanation or prediction. The TRULS model, e.g., includes (i) *car ownership*, (ii) *seat belt use*, and (iii) a *decomposition between light and heavy vehicle road use*, adding to the set of econometric equations (see Fridstrøm 1998b).

Also, while most DRAG-type models use the fuel sales as a (rather imperfect) measure of the traffic volume, in TRULS we have constructed (iv) a *submodel designed to “purge” the fuel sales figures of most nuisance factors* affecting the number of vehicle kilometers done per unit of fuel sold (Fridstrøm 1998a). These nuisance factors include vehicle fuel economy, aggregate area-wide vehicle mix, weather conditions, and fuel hoarding due to certain calendar events or price fluctuations.

A further point at which the TRULS model differs from other members of the DRAG family, is by the estimation of (v) *separate equations for various subsets of casualties* (car occupants, seat belt non-users, pedestrians, heavy vehicle crashes, etc). These equations are meant to shed further light on the causal mechanism governing accidents and severity. In order to avoid, to the largest possible degree, spurious correlation and omitted variable biases, we develop certain *casualty subset tests* not previously used within the DRAG modeling framework.

Unlike other DRAG family models, the TRULS model departs from an assumption that casualty counts in general follow a (generalized) Poisson distribution (see Fridstrøm et al 1993, 1995). To enhance efficiency, in the accident equations we therefore rely (vi) on a *disturbance variance specification approximately consistent with the Poisson law*. To this end, we develop a special statistical procedure, termed Iterative Reweighted POisson-Skedastic Maximum Likelihood (IRPOSKML), for use within the general BC-GAUHESEQ statistical framework.

Finally, the TRULS model is the only DRAG-type model so far being based (vii) on *pooled cross-section/time-series data*. Other DRAG family models rely exclusively on time-series. Our data, however, are monthly observations pertaining to all counties (provinces) of Norway. The period of observation extends from January 1973 until December 1994, thus covering 264 months. Since there are 19 counties in the country, the data set contains a total number of 5 016 units of observation.

The structure and interdependencies between *endogenous (dependent)* variables in the TRULS model are shown in figure 1. In table 1 we provide an overview of (broad categories of) *independent* variables entering the model.

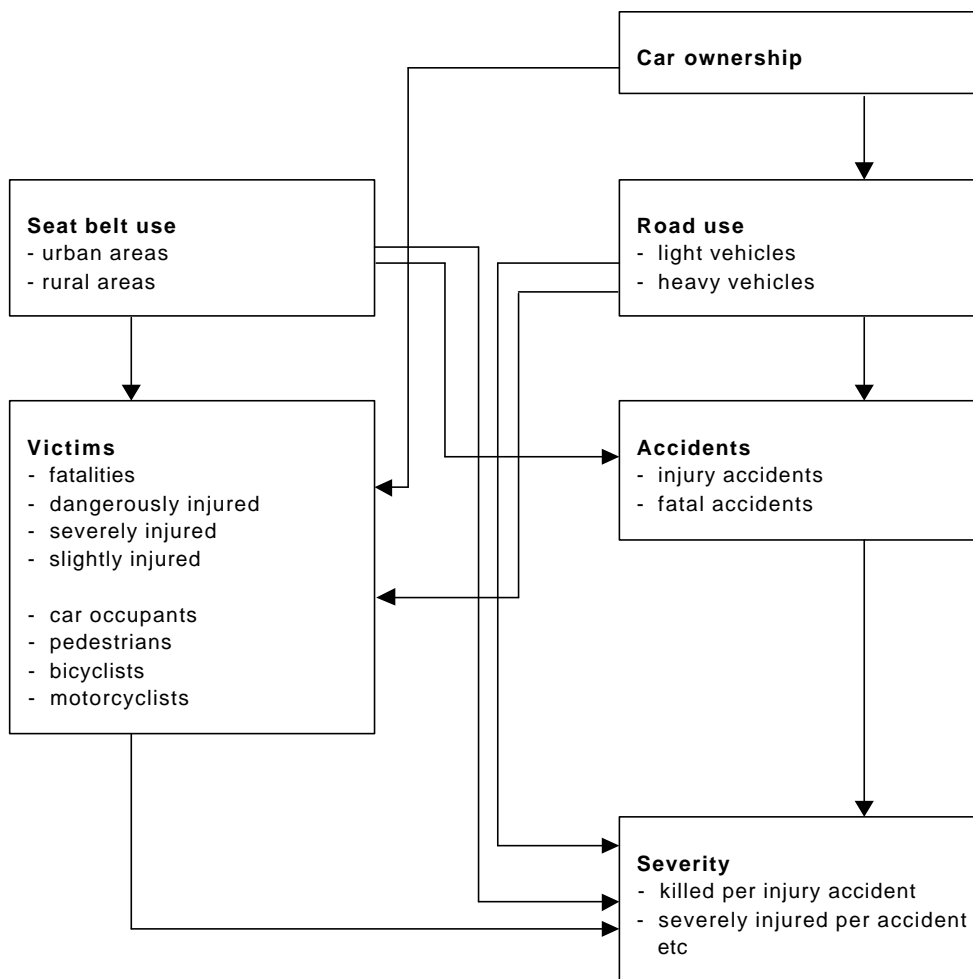


Figure 1: Dependent variables in the model TRULS

Table 1: Independent variables in the model TRULS

Independent variable	Direct effect upon					
	Car ownership	Vehicle kms	Seat belt use	Accidents	Vic-tims	Seve- rity
Infrastructure	√	√		√	√	√
Road maintenance				√	√	√
Public transportation	√	√		√	√	√
Population	√	√		√	√	√
Income	√	√				
Prices	√	√				
Interest rates	√					
Taxes	√	√				
Vehicle characteristics		√	√	√	√	√
Daylight		√		√	√	√
Weather conditions		√		√	√	√
Calendar effects		√		√	√	√
Geographic characteristics	√	√	√	√	√	√
Legislation			√	√	√	√
Fines and penalties			√			
Access to alcohol				√	√	√
Information		√	√			
Reporting routines				√	√	√
Randomness and measurement errors	√	√	√	√	√	√

Note that only *direct* effects are ticked off in this table. In general, the total effect of an independent variable on – say – accident frequency, will be a sum of direct and indirect effects, as channeled through the recursive system pictured in figure 1. For instance, the interest level has a direct effect on car ownership only. However, since car ownership affects road use, which in turn affects accidents, interest rates may turn out as an important *indirect* determinant of road casualties. The tracing of such effects is the very purpose of our multi-layer modeling approach.

Selected results from TRULS

As indicated by table 1, many of the same independent variables enter, respectively, the car ownership equation, the road use equation, the accident frequency equation, and the severity equations. At the same time, car ownership is an input in the road use equation, while road use is an input in the accident frequency and severity equations, forming a recursive chain of effects. To measure the total impact of a given independent variable, one has to add up the direct and indirect effects arising at the various steps. We do this by calculating and compounding the relevant partial elasticities (see Fridstrøm 1998c for a precise account of the method).

In figures 2 through 26 we show calculated elasticities with respect to various independent variables. The elasticities are computed for each sample point, and then averaged over all sample points observed in 1994 (19 provinces and 12 months). They include all direct and indirect effects, by recursive accumulation. That is, whenever applicable, the effect channeled through increased (or decreased) car ownership is included in the road use elasticity, the effect coming through increased road use is included in the accident elasticity, and the effect on accident frequency is included in the fatalities elasticity.

The values shown in figures 2-26 are point estimates. They should be interpreted with some caution, as the diagrams provide no information on standard errors or confidence intervals, or on whether the effects shown are significantly different from zero.

Exposure

In figure 2, we show estimated elasticities with respect to various components of exposure.

The injury accident frequency has an elasticity of 0.911 with respect to the total volume of motor vehicle road use (*vehicle kilometers*). That is, injury accidents increase almost in proportion to the traffic volume, *other things being equal*. Fatalities appear to increase somewhat less than proportionately, viz. by an elasticity of 0.761.

This elasticity applies, however, only on the condition that the *traffic density*, defined as vehicle kilometers driven per kilometer road length, is kept constant. In other words, the elasticities with respect to traffic volume implicitly assume that the road network is being extended at a rate corresponding exactly to the traffic growth, so that the ratio of vehicle kilometers to road kilometers remains unchanged.

In the opposite and more realistic case, where the road network does not change, an average accident elasticity of approximately 0.50 ($= 0.911 - 0.414$) is calculable for 1994. An increase in traffic density tends, in other words, to dampen the (otherwise near-proportionate) effect of larger traffic volumes, as measured in vehicle kilometers.

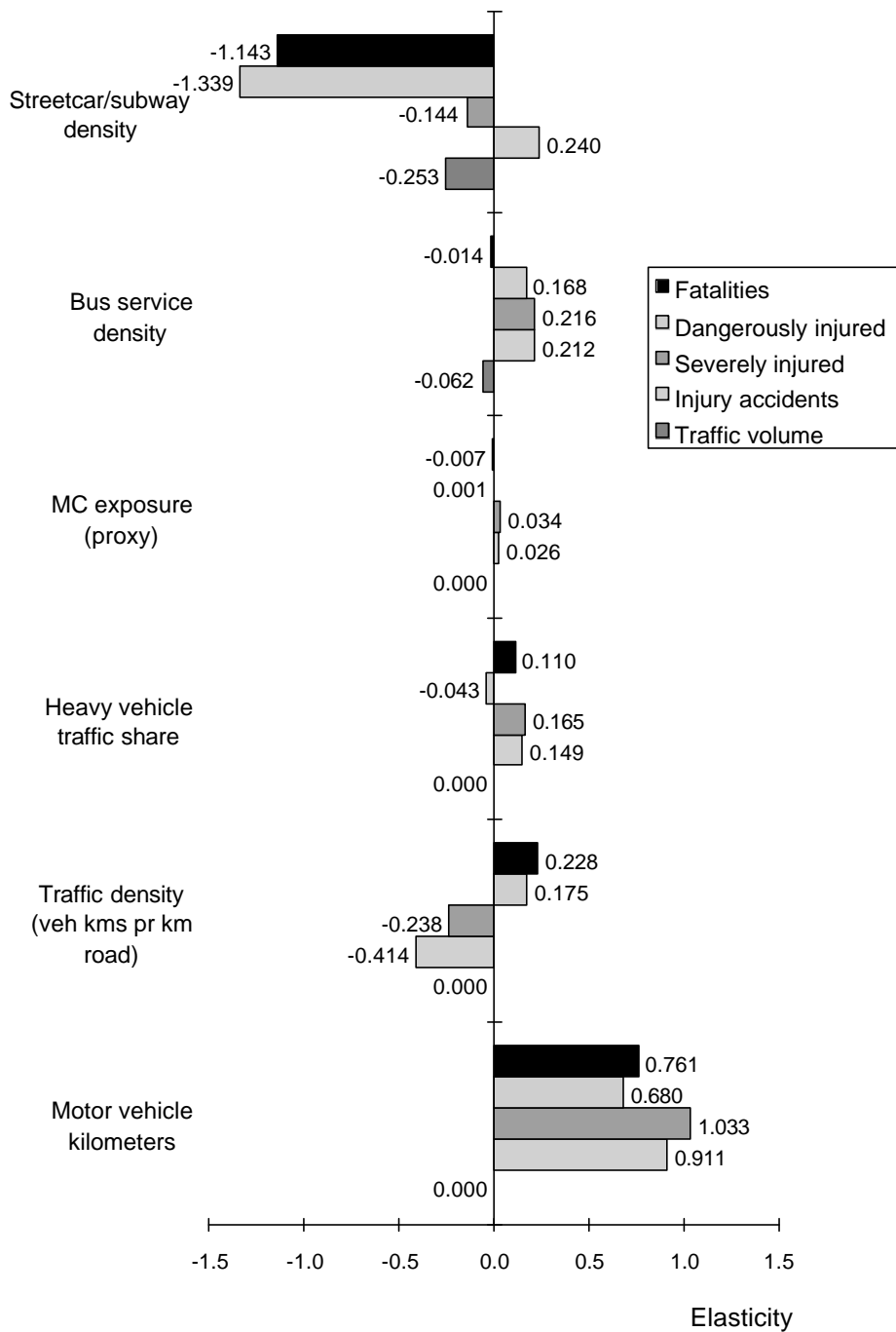


Figure 2: Exposure elasticities as of 1994. Accidents and victims by severity.

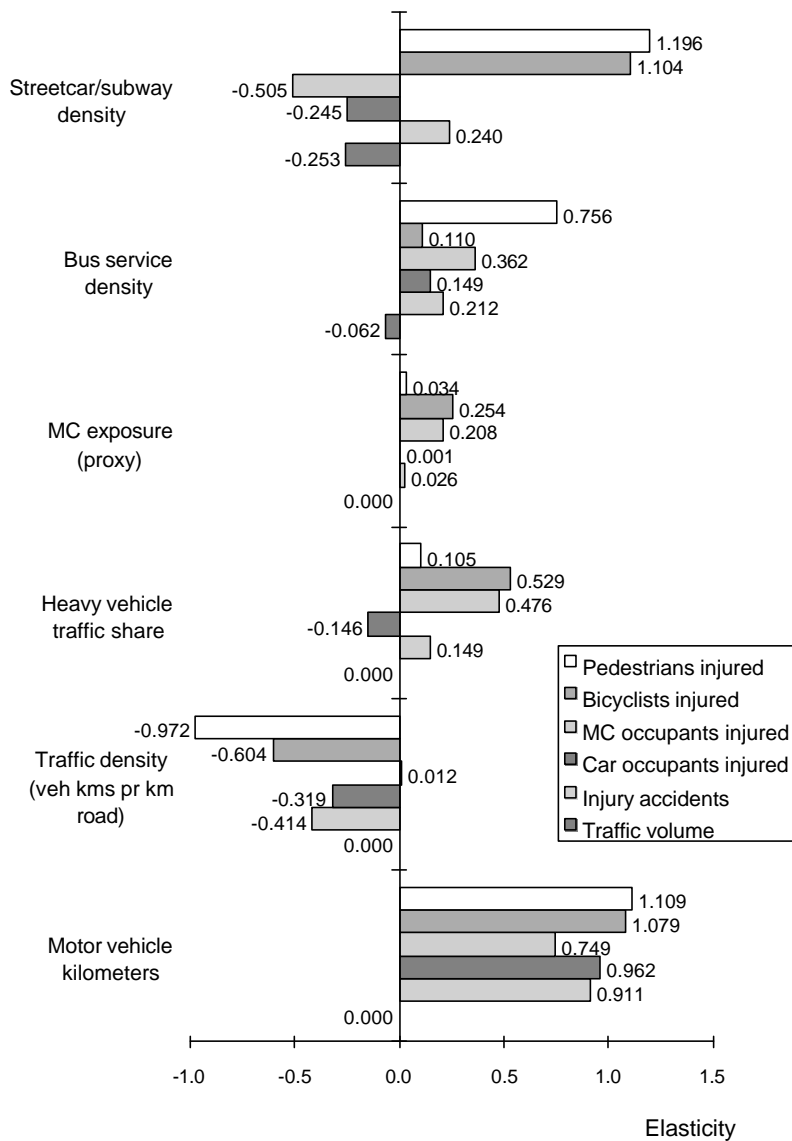


Figure 3: Exposure elasticities as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

Heavy vehicles¹ are more dangerous than private cars. The larger the *heavy vehicle share* of the traffic volume, the higher the injury accident frequency. However, fatalities and dangerous (i.e., very severe) injuries increase less than the accident frequency, meaning that the average severity (persons severely injured per injury accident) does not increase. This may reflect the fact the truck driver himself is well protected and usually escapes the accident without (severe) injuries. Heavy vehicles appear to be particularly dangerous to two-wheelers, while car occupant

¹ I.e., vehicles with more than 1 ton's carrying capacity or more than 20 passenger seats.

injuries become less frequent when a large share of the traffic does *not* consist of private cars (figure 3).

Motorcycle exposure has a clear effect on motorcycle accidents but, on account of its small share of the exposure, a quite modest effect on the overall accident frequency².

Enhanced public transportation services tend to reduce the use of private cars and hence the total number of vehicle kilometers. A one per cent increase in the *density of bus service* lowers the overall traffic volume by an estimated 0.062 per cent. However, this is not sufficient to offset the exposure effect of the bus service: injury accidents increase by 0.212 per cent, i.e. by 0.264 (= 0.212 + 0.062) per cent as reckoned per vehicle kilometer (figure 2). This effect is due primarily to more *pedestrians* being injured, presumably on their way to or from the bus stop, but even car occupants and two-wheelers are exposed to a somewhat higher risk owing to the bus service (figure 3).

Similar and even stronger effects are found for public transportation by rail (streetcar or subway). Obviously, this kind of service does not entail increased risk or exposure for motorized road users, only for bicyclists and pedestrians.

Road infrastructure

The calculated effects of improved or extended road networks are exhibited in figures 4 and 5. The effects shown in these and the following graphs are all interpretable as long-term (equilibrium) effects, i.e. they incorporate effects due to changes in (optimal) car ownership. Also, it is assumed throughout that the heavy vehicles represent a constant share of the total traffic volume.

For analytical purposes, we decompose the supply of road infrastructure into two parts: (i) the *length* of the public road network (in kilometers per county), and (ii) the *accumulated real investment expenditure per kilometer* (national or county) road. We interpret the first component as a measure of *size*, while the second one may be understood as an economic measure of road *quality*³.

An added supply of roads appears to generally increase the accident toll. This is true for (size) enlargements as well as for (quality) improvements.

The great bulk of this effect can be traced back to the fact that road use demand responds to shifts in supply. An extended or improved road network reduces the cost of travel by car and hence increases the demand for cars and road use.

The risk level (accidents or casualties per vehicle kilometer) is not very strongly affected, although there is a tendency for casualties to increase slightly more than proportionately with the traffic volume, when new roads are added to the network. The main reason for this is that a decrease in density (increase in road space) tends to augment the risk.

² The “elasticity” computed for motorcycle exposure should not be interpreted literally, since the independent variable used is only a proxy, which appears to capture bicyclist exposure as well.

³ This measure is, of course, far from perfect, since property values and topographical conditions differ sharply between the counties, affecting the costs of road construction.

It should be noted, though, that the estimated partial effects of road infrastructure are generally not (very) significant (except the effect on car ownership). The uncertainty surrounding these elasticities is therefore considerable. Our confidence in these results is, however, strengthened by the relatively consistent and unambiguous pattern emerging. With one exception, all the elasticities shown in figures 4 and 5 are positive. The fact that bicyclist injuries tend to decrease with the length of the road network may simply be a cross-sectional exposure effect: The supply of road kilometers per inhabitant is larger in more sparsely populated counties, where distances are generally large and slow modes of travel comparatively unattractive.

Another word of caution is in order as well. One cannot draw the conclusion that every road investment, be it for extension or improvement, increases the accident toll. Certain types of road improvements or alterations are undoubtedly effective accident countermeasures (see Elvik et al 1997:149-242). What the TRULS model results do suggest, however, is that, given the way that road investment expenditures have been allocated over our period of observation (1973-94) in Norway, they have not – by and large – contributed to a smaller accident toll, nor to a significantly reduced risk as reckoned per unit of traffic. Their main effect has been to facilitate an increase in mobility.

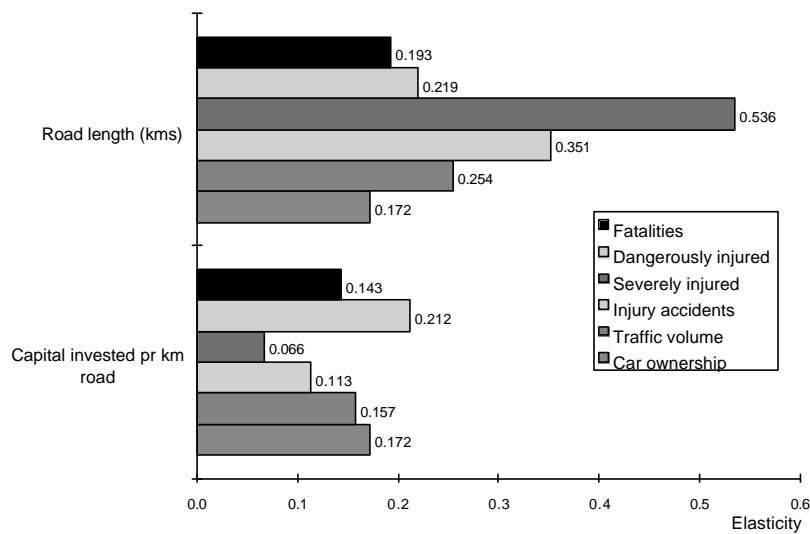


Figure 4: Road infrastructure elasticities as of 1994. Accidents and victims by severity.

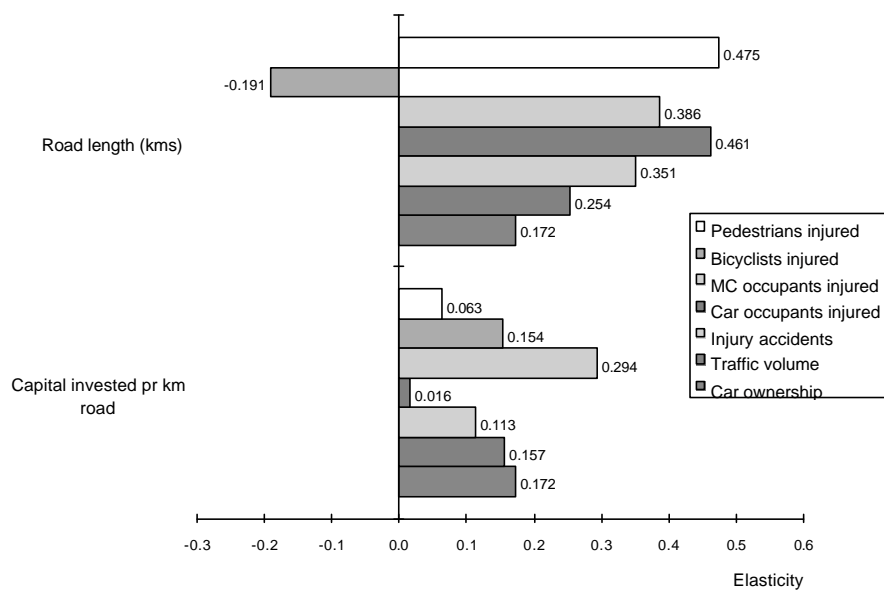


Figure 5: Road infrastructure elasticities as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

This finding is not very surprising in the light of recent knowledge on the road investment decision process. The respective benefits accruing from competing investment projects have little influence on the allocation of funds (Odeck 1991 and 1996, Elvik 1993 and 1995, Nyborg and Spangen 1996). The weight attached to safety benefits is particularly small (Fridstrøm and Elvik 1997).

Road maintenance

In figures 6 and 7 we show estimated elasticities with respect to road maintenance expenditure.

Again, it should be noted that coefficient estimates underlying these elasticities are generally not (very) significant, and that the effects are uncertain. Unlike the road infrastructure effects, the maintenance effects appear rather disparate and inconsistent. *By assumption*, the impact on car ownership and road use is zero.

Winter maintenance expenditure has an entirely insignificant effect on accidents and casualties, except for two-wheelers, where the effect is positive (i.e., casualty increasing). This is most probably an exposure effect: improved winter maintenance makes motorcycling and bicycling possible even during winter.

Road marking expenditure appears to have a generally favorable effect on risk, although the effects are – again – quite uncertain and hardly significant, except for two-wheelers.

Our last category – “*miscellaneous maintenance expenditure*” – lumps together all other maintenance costs. The safety effect of these – although uncertain – appears generally unfavorable, as if car drivers tend to take advantage of improved maintenance so as to increase their speed. The generally positive sign of the severity effects may be an indication that such behavioral adaptation does in fact occur.

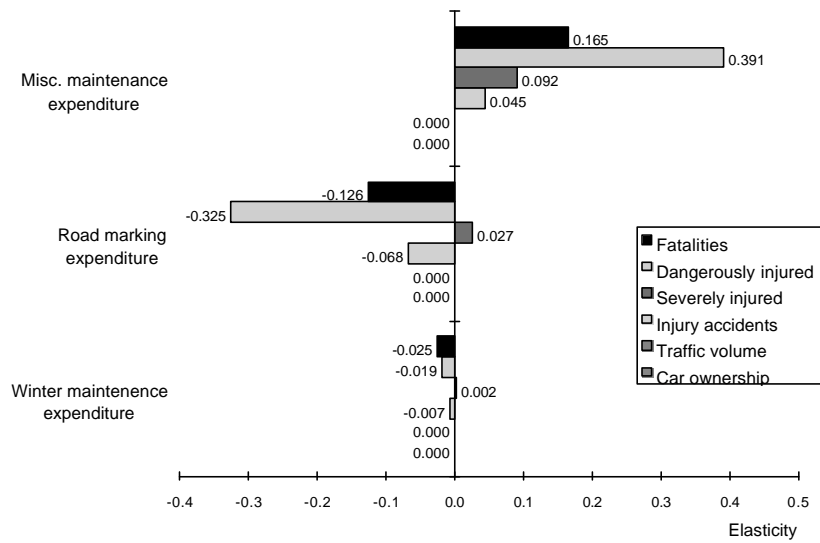


Figure 6: Road maintenance elasticities as of 1994. Accidents and victims by severity.

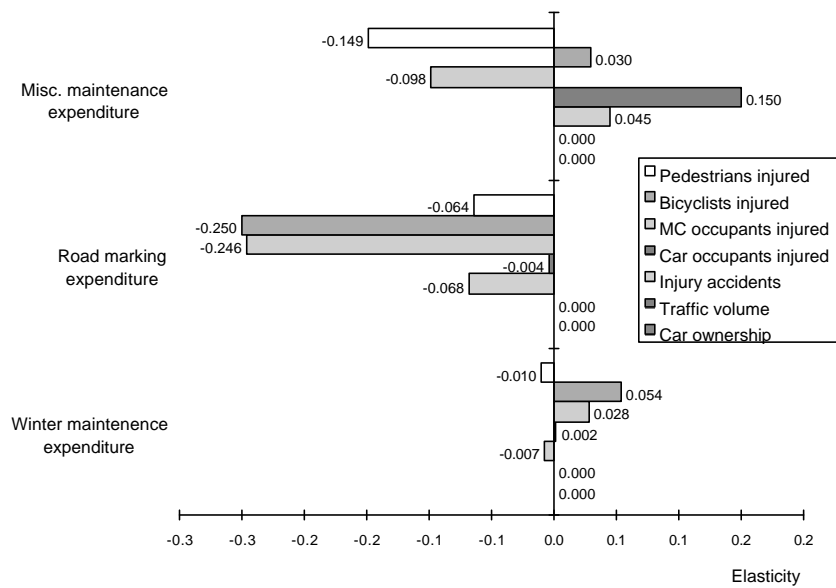


Figure 7: Road maintenance elasticities as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

Population

Car ownership and road use increase near-proportionately with the size (or density) of the population, other things⁴ being equal. Accident and casualties increase less than road use, owing to the traffic density effect (figure 8).

Unemployment has a small, but highly significant, negative effect on road use, and an additional, barely significant effect on casualties.

The rate of (first quarter) pregnancy has a clearly significant, unfavorable effect on the injury accident frequency, but not on the number of very serious or fatal injuries.

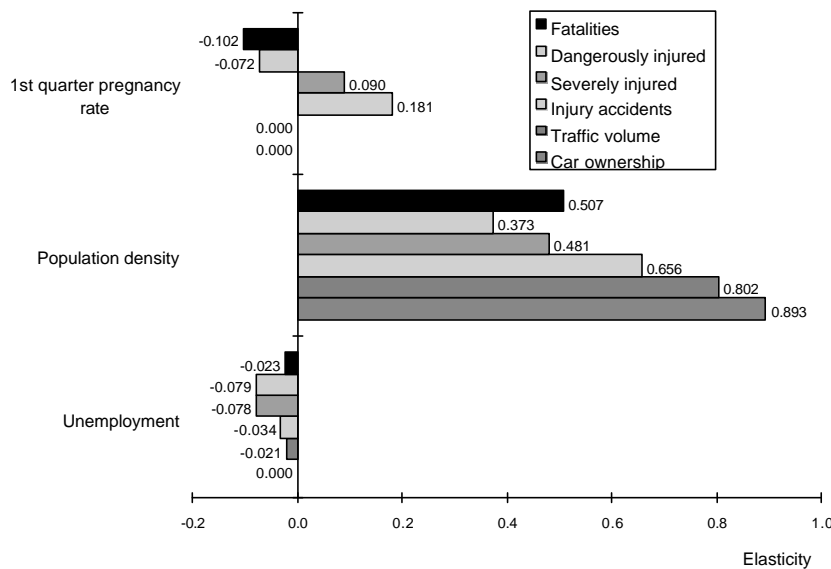


Figure 8: Population elasticities as of 1994. Accidents and victims by severity.

Income

Figures 9 and 10 show income elasticities for car ownership, road use, accident frequency and victims. The graphs are drawn under the assumption of a constant road network, so that traffic density increases at a rate identical to the vehicle kilometer growth.

The (private) income elasticity of aggregate, long-term (equilibrium) car ownership is estimated at more than one (1.18). For aggregate road use (and hence also for fatalities and very serious injuries), the long-term income elasticity is estimated at no less than 1.61 as of 1994. The short-term income elasticity of road use (assuming constant car ownership) can be inferred as the difference between the former two, i.e. at approx 0.43 (= 1.61 – 1.18).

⁴ To be specific, the road network, public transportation supply, price levels and *per capita* income are assumed constant.

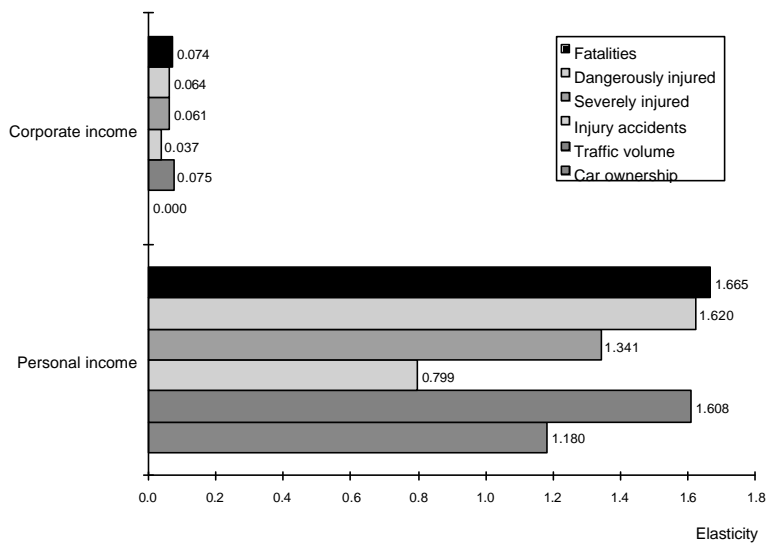


Figure 9: Income elasticities as of 1994. Accidents and victims by severity.

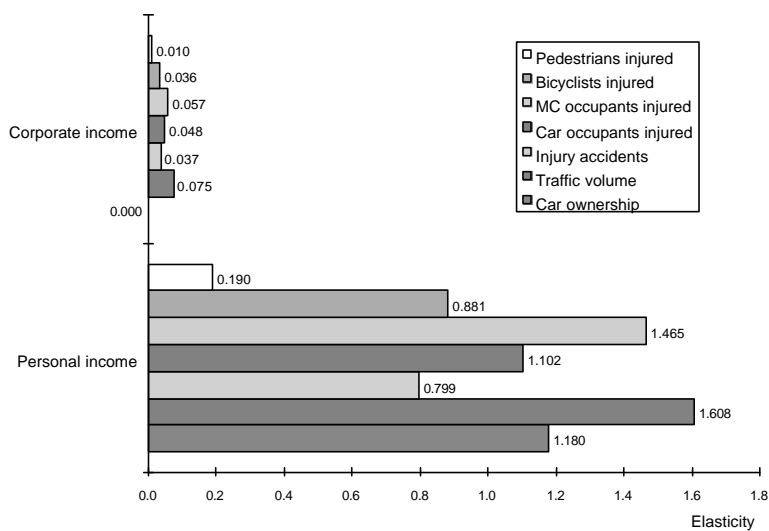


Figure 10: Income elasticities as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

A rising income level has a much smaller effect on pedestrian and bicyclist injuries than on car and motorcycle accidents (figure 10).

Corporate income has an almost negligible effect on road use as well as on accidents.

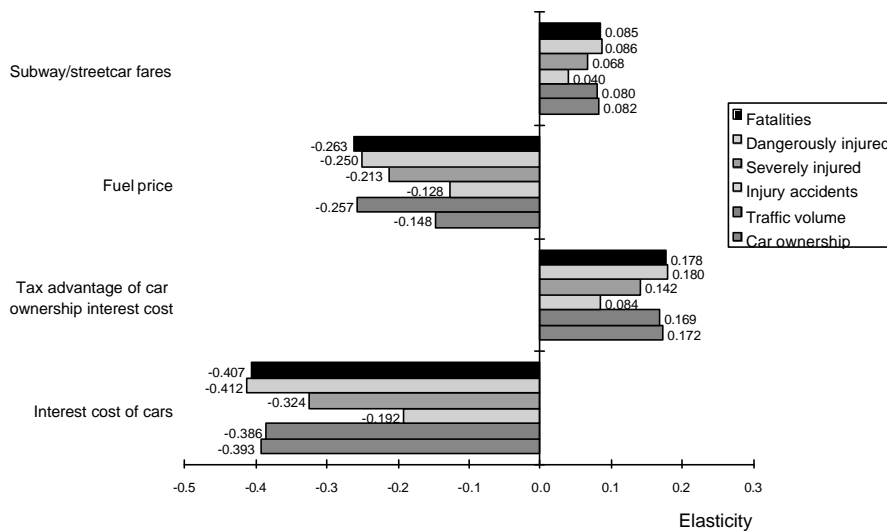


Figure 11: Price elasticities as of 1994. Accidents and victims by severity.

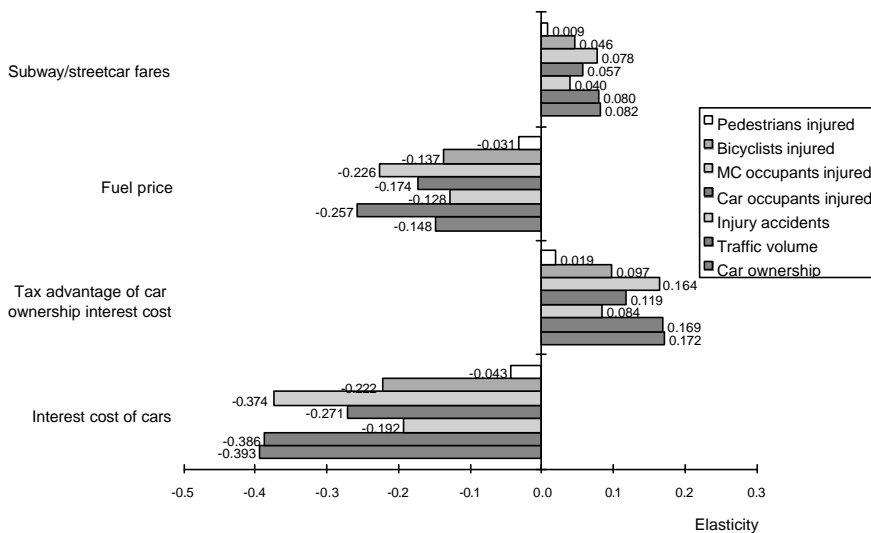


Figure 12: Price elasticities as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

Prices and tax rates

Price elasticities are shown in figures 11 and 12.

A most important price variable (under Norwegian conditions) is the current *rate of interest*, which strongly affects the equilibrium car ownership and hence road use, accidents and fatalities. For car ownership and road use, as well as for fatalities and very severe injuries, its elasticity is estimated at close to -0.4 .

The *tax advantage due to interest payment deductibility* works in the opposite direction, dampening the effect of increased interest rates.

The *fuel price elasticity* as of 1994 is estimated at -0.257 for overall road use (vehicle kilometers). More than half of this effect (-0.148) is due to reduced

(equilibrium) car ownership. Some households no longer find it worthwhile to keep a(n extra) car when its use becomes too expensive.

In the short run, when car ownership is constant, the price elasticity is only $-0.109 (= -0.257 + 0.148)$. Recall, however, that the fuel price elasticity increases strongly with the initial price level.

Obviously, the fuel price effects on road use translates into similar effects on traffic casualties.

Public transportation fares have a modest, but clearly significant cross-price effect on motor vehicle road use and hence also on accidents and fatalities, although not for pedestrians. Fatalities may be expected to increase by 0.085 per cent for each per cent increase in the streetcar/subway fares.

Weather

Weather conditions have a marked impact on accident risk, although the direction of effects may in some cases seem surprising (figures 13 and 14).

In Norway, accidents become less frequent when the ground is *covered by snow*. We believe this is due to the fact that a certain layer of snow serves to reflect light and hence strongly enhances visibility at night.

The risk reduction is also larger the deeper the snow is. This is probably a *snowdrift* effect. The formation of snowdrifts along the roadside serves to reduce the frequency of single vehicle injury accidents, as they prevent cars from leaving the road and/or dampen the shock whenever a car is straying aside (Brorsson et al 1988). On the other hand, snowdrifts tend to limit the road space and may thus increase the risk of head-on collisions, as when cars are thrown back into the road after hitting the snowdrift.

During *days with snowfall*, however, the accident frequency goes up. At the same time, severity is reduced sufficiently to more than offset the increase in accident frequency, at least as far as fatalities are concerned. This is most probably a risk compensation effect: motorists reduce their speed on slippery surface, perhaps not quite enough to keep the injury accident frequency constant, but certainly enough to strongly reduce the consequence once an accident does occur.

Does it matter how much snow is falling? One might imagine that heavy snowfall creates a particularly risky traffic situation. The variable "*heavy snowfall*" is defined as the percentage of snowfall days during which the precipitation exceeds 5 millimeters (in water form). This effect, too, is generally positive for all road user groups, although too small to be statistically significant.

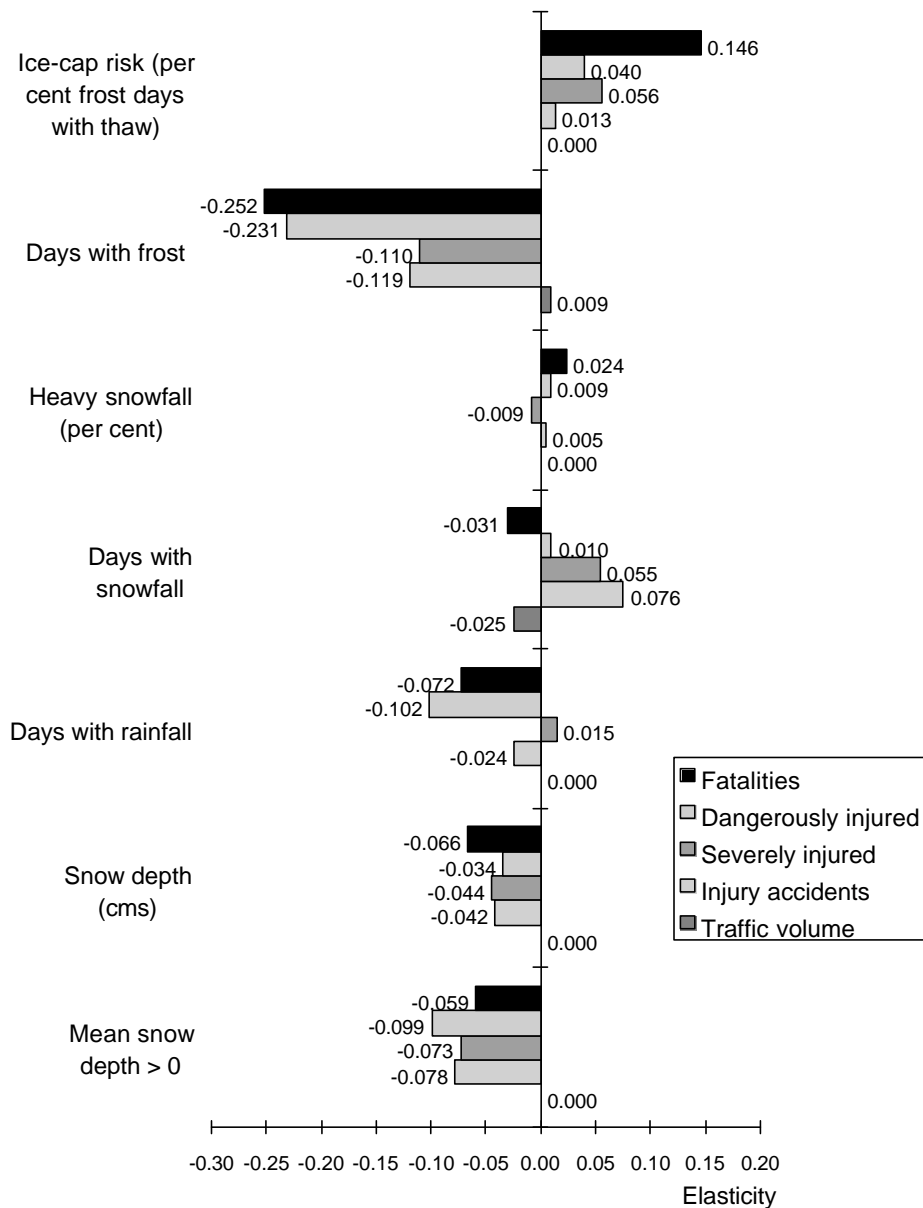


Figure 13: Weather effects as of 1994. Accidents and victims by severity.

An even clearer example of behavioral adaptation is seen in the *frost* variable. The monthly number of days with temperatures dropping below has a negative (i.e., favorable) effect on the accident toll, especially on the most severe injuries.

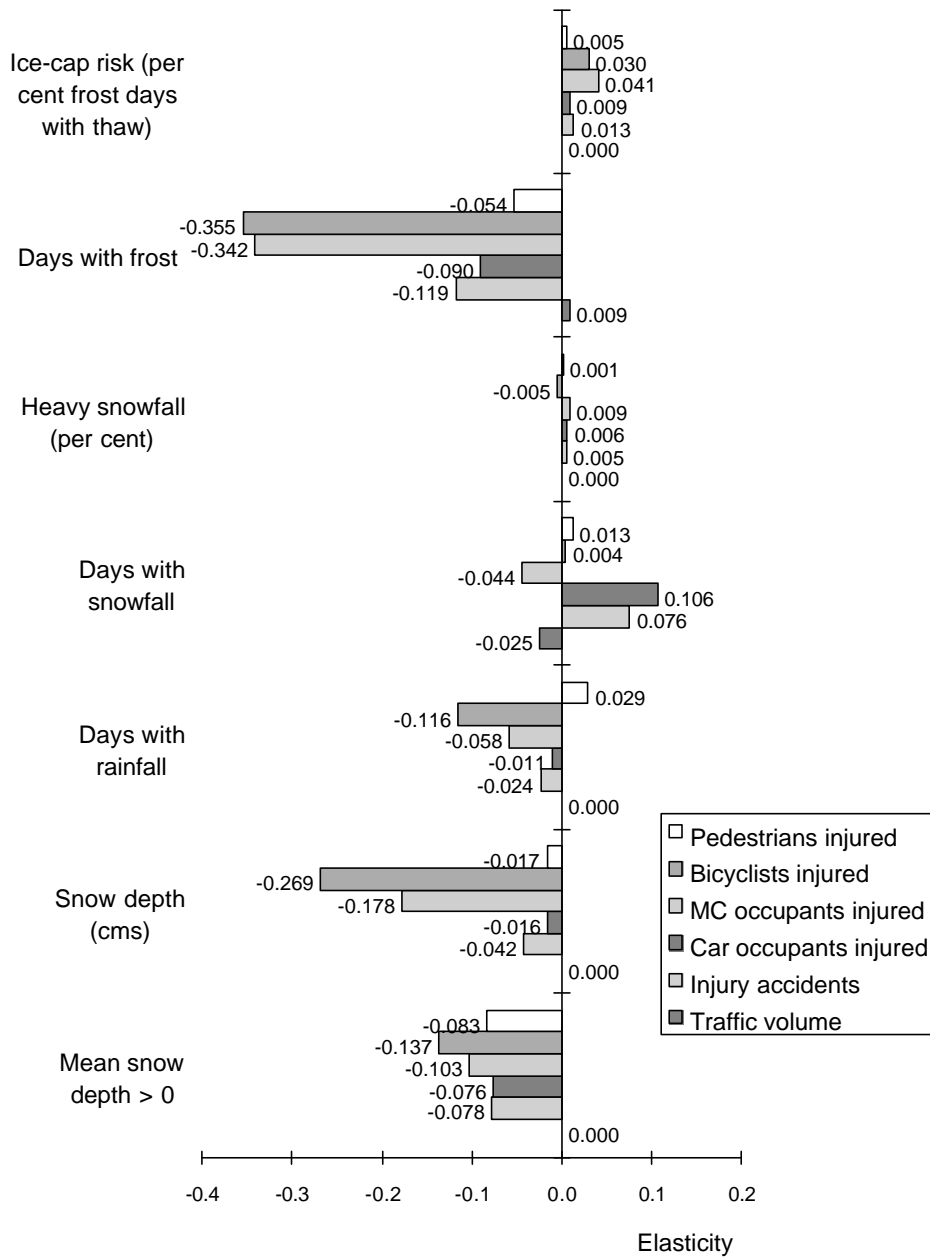


Figure 14: Weather effects as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

Comparing the two-wheeler injury models to the pedestrian and car occupant injury models, one notes, however, a much stronger, negative effect for bicyclist and motorcyclists. This suggests that part of the frost effect found in the main model may be due to a reduction in two-wheeler exposure, not entirely controlled for through our MC exposure proxy. Yet, it is interesting to note that even for car occupants, the estimated effect is negative.

When the temperature drops below freezing at night, but rises above 0 °C during the day, certain particularly hazardous road surface conditions may arise. If snow melts during the day, wetting the road surface and forming a cap of ice at night, road users risk being surprised by some extremely slippery patches on a road surface that generally appears clear and dry, suitable for considerable speed. The “*ice cap risk*” variable measures the percentage of frost days during which the maximum temperature is above freezing. Its elasticity generally has the expected positive sign.

Rainfall has a seemingly negative (i.e., favorable) effect on the accident count. Again, however, it appears that the effect is due mainly to reduced exposure among the unprotected road users, especially bicyclists. For car occupants, the effect is virtually zero.

Daylight

In figures 15 and 16 we show how the (lack of) daylight (“darkness”) during various parts of the day affects *risk*.

These graphs differ from the previous ones in that *only direct effects* on casualties are incorporated in the elasticities. That is, the (seasonally and regionally conditioned) association between daylight and traffic volume is not taken account of; the graphs show casualty elasticities *given* motor vehicle road use.

Lack of daylight during the ordinary working hours (9 a.m. to 3 p.m.)⁵ does not have noticeable effects on the accident frequency or severity.

Darkness during the traffic peak hour periods (7 to 9 a.m. and 3 to 5 p.m.) does, however, have a clearly significant impact on risk, especially for pedestrians. For bicyclists, the estimated association is negative (“favorable”), presumably an exposure effect.

An even stronger effect is due to dark evenings (5 to 11 p.m.). Again, the largest risk increase applies to pedestrians, while two-wheelers are probably subject to reduced exposure and hence also to a lower accident toll. Car occupant injuries are significantly more frequent when the evenings are dark.

The length of the twilight period does not, in general, have any significant impact on casualty rates, except for bicyclists and pedestrians. Here the effect is negative (favorable), when the amount of daylight is controlled for.

⁵ This variable has non-zero values during the winter months in the northernmost counties, reaching 360 (minutes per day) in Finnmark in December.

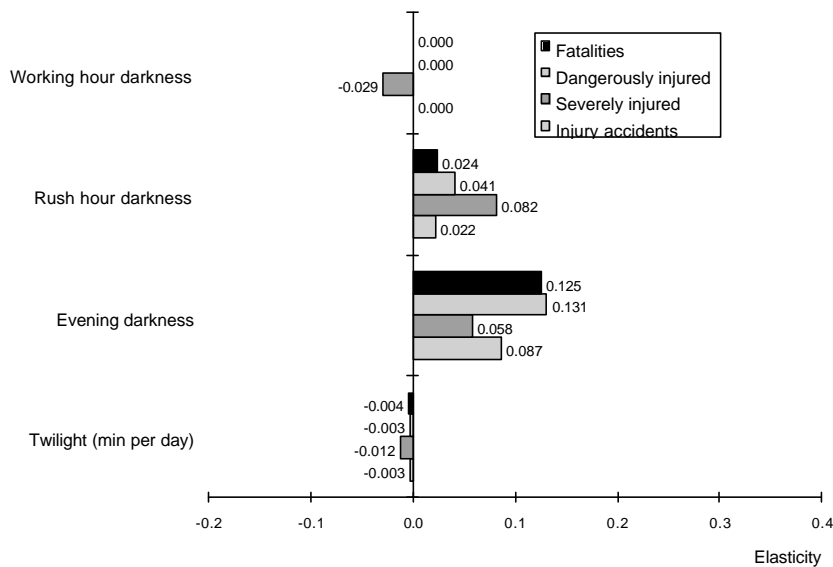


Figure 15: Direct daylight effects, conditional on motor vehicle road use. Accidents and victims by severity.

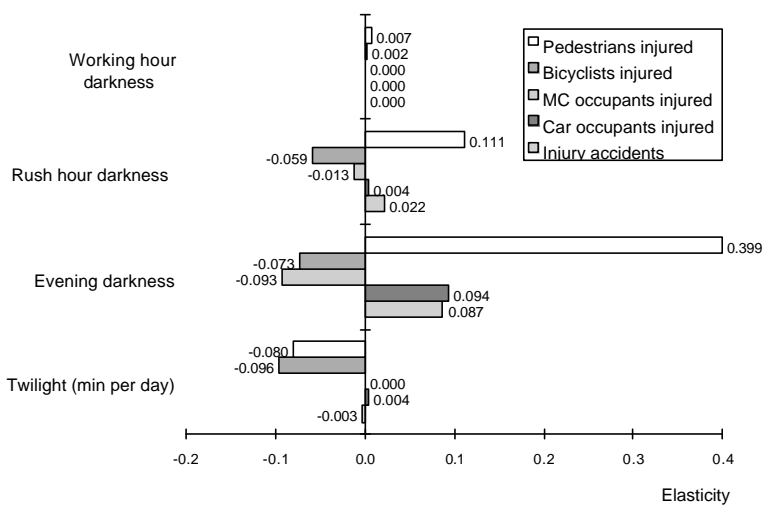


Figure 16: Direct daylight effects, conditional on motor vehicle road use. Injury accidents and victims by road user category.

Seat belts

Seat belts are an effective injury countermeasure (figure 17). A 10 per cent increase in the number of car drivers *not* wearing the belt (from – say – the 12 per cent rate estimated in 1994, to 13.2 per cent) will increase the number of car occupant injuries by some 3 per cent and the number of fatalities by some 0.6 per cent. It appears that seat belts are more effective in preventing less severe injuries than in saving lives.

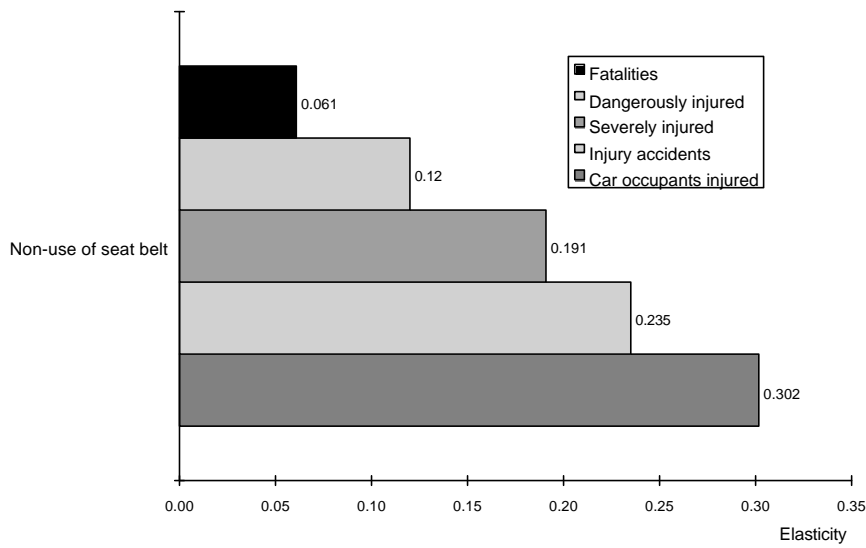


Figure 17: Seat belt effects as of 1994.

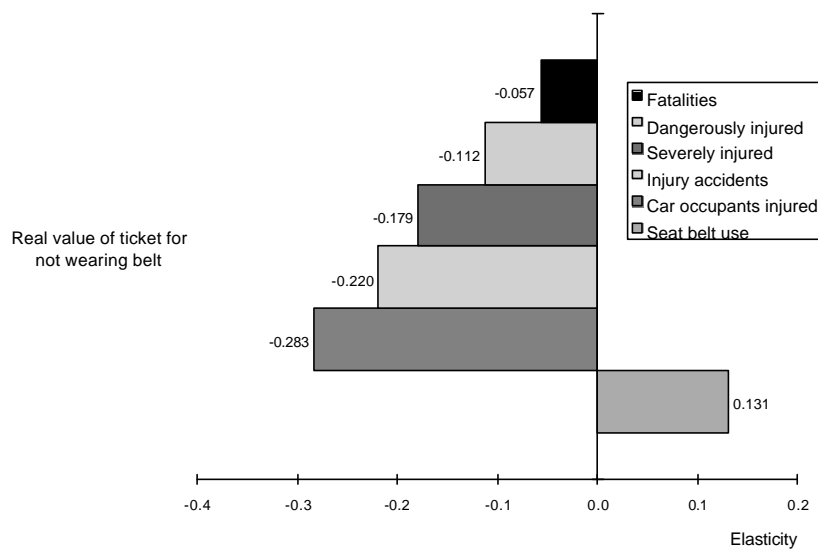


Figure 18: Seat belt ticket elasticities as of 1994.

In the TRULS model, we find no sign that seat belts give rise to behavioral adaptation on the part of car drivers, in such a way as to represent an increased hazard to pedestrians, as was once suggested by Peltzman (1975).

By combining the elasticities found in the seat belt model with the elasticities shown in figure 17, we are able to calculate the estimated effect of increasing the (real value of the) ticket fine for not wearing a safety belt. This ticket runs at NOK 500 as of 1994.

A 10 per cent increase in this fine corresponds, as of 1994, to a 1.3 per cent increase in the rate of seat belt use, i e from 88 to 89.2 per cent. This corresponds to an almost 10 per cent decrease in the rate of *non-use* (from 12 to 10.8 per cent),

which translates into a 2.8 per cent decrease in the number of car occupant injuries and a 2.2 per cent reduction in the total number of injury accidents.

The gradual reduction of the real value of the ticket due to inflation will, by assumption, have opposite effects.

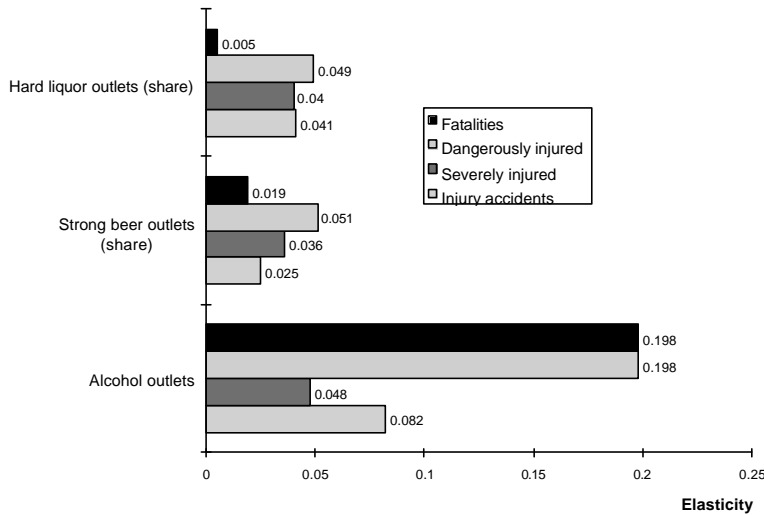


Figure 19: Alcohol availability effects as of 1994. Outlets. Accidents and victims by severity.

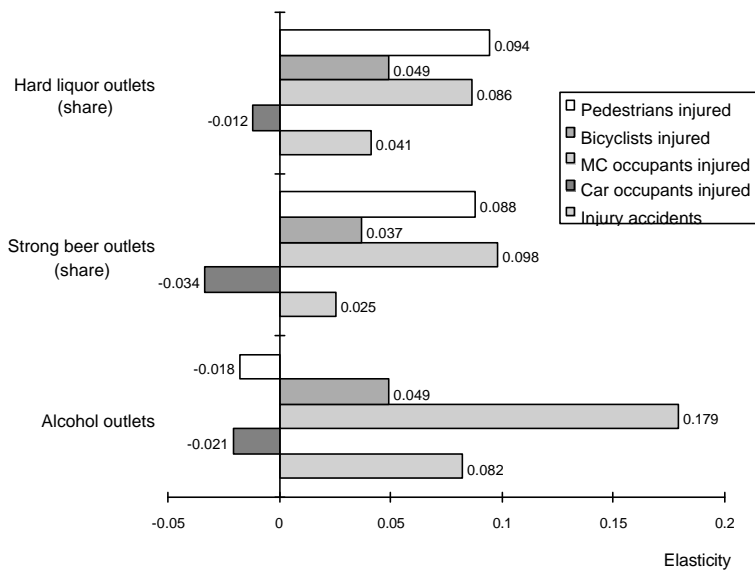


Figure 20: Alcohol availability effects as of 1994. Outlets. Injury accidents and victims by road user category.

Alcohol availability

Access to alcohol is more severely regulated in Norway than in most other western industrialized countries. Wine and liquor are sold only from state monopoly stores,

generally found only in larger townships, and even beer sales are subject to licensing by the municipal assembly. Restaurants also need a central or local government license in order to serve alcoholic beverage.

More than half the counties have less than one alcohol outlet (shop) per 3 000 square kilometers. Even beer sales have been heavily restricted in some counties, although more so in the 1970s and early -80s than at present. A few municipalities still maintain an absolute ban on any kind of alcoholic beverage being served or sold. In the TRULS model we decompose the availability of various forms of alcohol into six parts. *By assumption*, alcohol availability does not affect car ownership or road use.

One variable (“*alcohol outlets*”) measures the total number of *shops* per 1000 inhabitants. A second one (“*strong beer outlets - share*”) measures the percentage of shops allowed to sell beverage stronger than lager beer (4.5 per cent alcohol by volume). A third variable (“*hard liquor outlets - share*”) measures the percentage of these, in turn, that are wine/liquor stores.

A similar decomposition is applied to *restaurants*. General availability is measured in terms of “*restaurants licensed to serve alcohol*” per 1000 population. Secondly, we measure the share of these that are allowed to serve wine or liquor – i e, not only beer (“*wine/liquor licenses – share*”). Thirdly, we measure the share of these, in turn, which may serve liquor (“*hard liquor licenses – share*”).

In figure 19, the alcohol outlet effects come out strikingly consistent, yielding positive casualty elasticities for every degree of severity, with respect to every type of alcohol. Judged by these estimates, the restrictive Norwegian alcohol policy has helped prevent a certain number of road accidents and fatalities.

When the effects are partitioned between different road user groups, the picture becomes more mixed (figure 20). Apparently, an increase in the availability of alcohol has an impact on pedestrian, bicyclist and motorcyclist injuries, but not on car occupant injuries.

Another set of surprising results relates to the density of restaurants with a license to serve alcohol. In general, the effects of restaurant density are negative (figures 21 and 22). This is true in particular of wine restaurants (as opposed to beer gardens etc), suggesting that only the latter category – if any – represents a problem in relation to road safety.

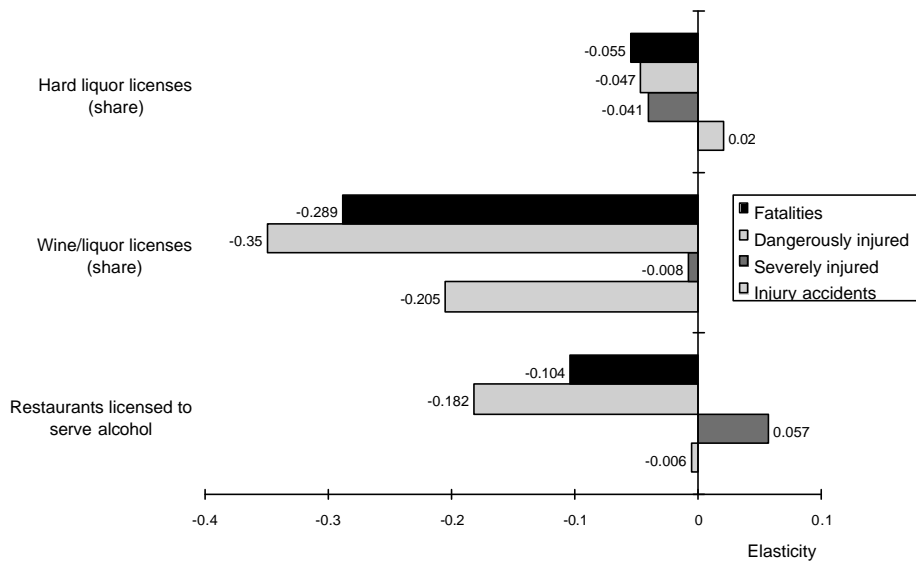


Figure 21: Alcohol availability effects as of 1994. Restaurants. Accidents and victims by severity.

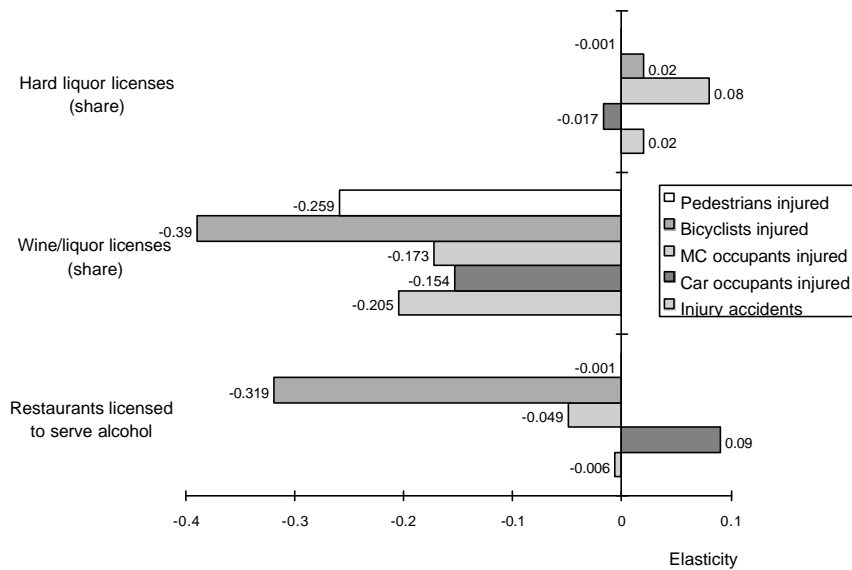


Figure 22: Alcohol availability effects as of 1994. Restaurants. Injury accidents and victims by road user category.

Calendar effects

The calendar *per se* has a certain impact on human activity and hence also on road casualties. This is shown in figures 23 and 24⁶.

The *Easter holiday* has a pronounced traffic generating effect, by around 5 per cent (on a monthly basis) at the onset as well as at Easter end. Injury accidents increase at about the same rate as the traffic at *Easter start*, and fatalities go up by almost 20 per cent.

Behind these overall accident statistics lie a 12 per cent *increase* in car occupant injuries and a clear *decrease* in two-wheeler and pedestrian injuries. Few people walk or bike to their Easter resort.

At *Easter end*, the congestion is apparently so heavy that fewer injury accidents and fatalities occur than should “normally” follow from the (increased) exposure.

The extra activity generated during the month of *December* translates into an about 25 per cent higher traffic volume and an almost equally large increase in fatalities.

Holidays and vacation (“*leisure days*”) dampen the overall (domestic) mobility and hence also the number of road casualties. The number of days in a given month (“*length of month*”) also has an obvious effect – not forgotten in the TRULS model – on total vehicle kilometers and their accident toll.

Time trend

The injury accident equation comes out with a highly significant time trend effect. As of 1994 the trend elasticity is calculable at -0.454 for injury accidents (fig 25). Note, however, that the trend variable is defined as years passed since 1945, so that a one per cent increase in this variable corresponds (as of 1994) to a time lapse of almost half a year. Thus the interpretation of this elasticity is that there is an autonomous safety improvement taking place over time, which – at present – tends to reduce the number of injury accidents by approximately 0.5 per cent every six months.

For fatalities, an almost equally strong trend effect is estimated, while for the number of severe injuries the effect appears to be more than six times stronger.

An interesting insight is gained when the trend effect is differentiated between road user groups (fig 26). Here, one notes that there is no independent trend effect for car occupant injuries (the small positive effect shown is statistically insignificant). The reduction in car occupant risk that has taken place during 1973-94 is, in other words, fully explained by the independent variables of the model. A most important single factor here is no doubt the escalated use of seat belts.

⁶ Note that in these diagrams, the effects shown for December, Easter start and Easter end are not elasticities in the traditional sense, but (approximate) relative changes associated with the respective dummy variables. For instance, injury accidents are about 5 per cent ($= e^{0.050} - 1$) more frequent during a month comprising the *start of Easter*, other independent variables being equal.

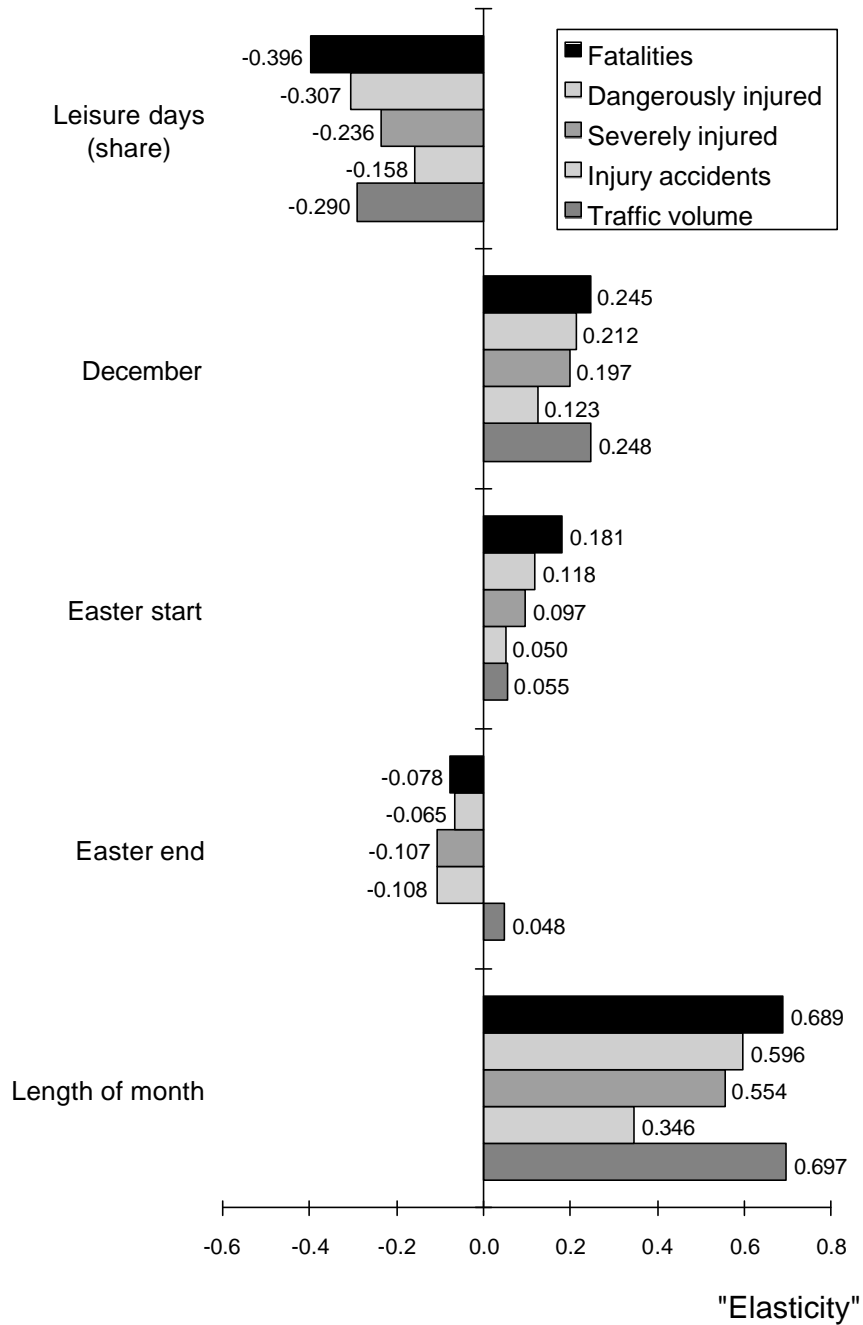


Figure 23: Calendar effects as of 1994. Accidents and victims by severity.

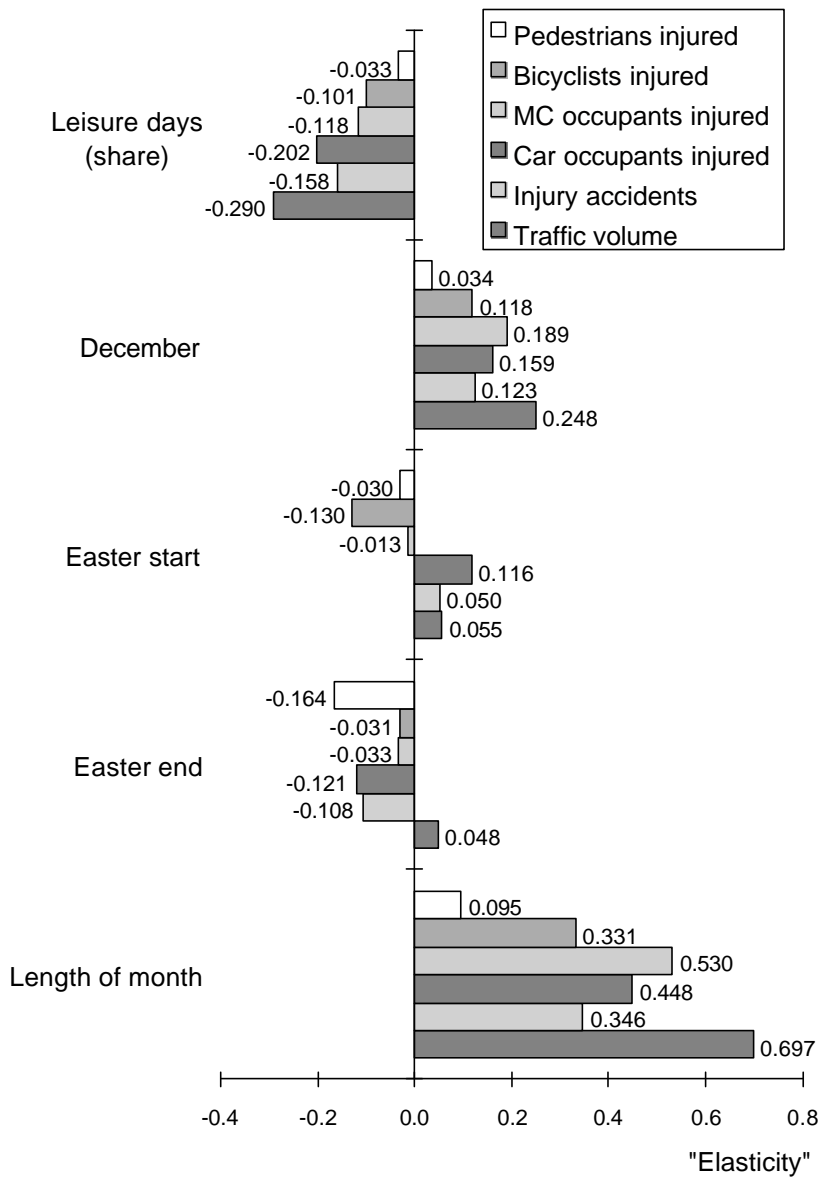


Figure 24: Calendar effects as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

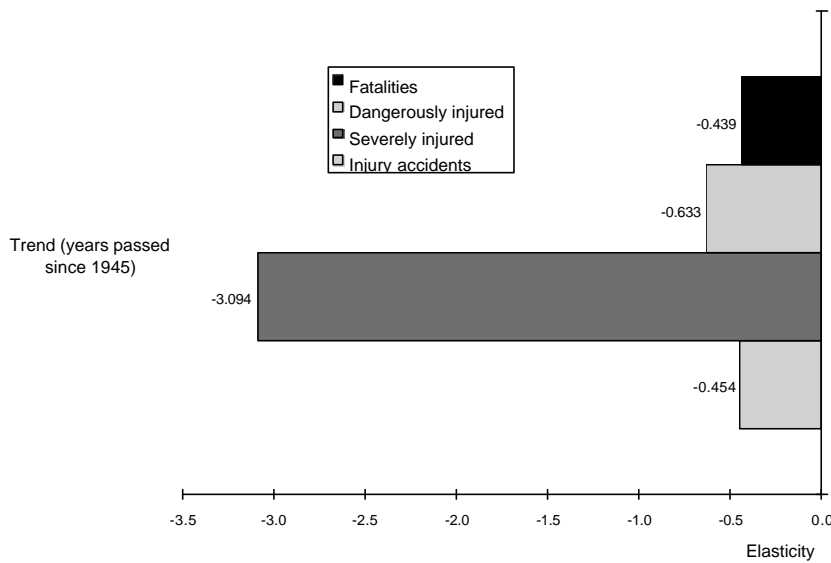


Figure 25: Trend effects as of 1994. Accidents and victims by severity.

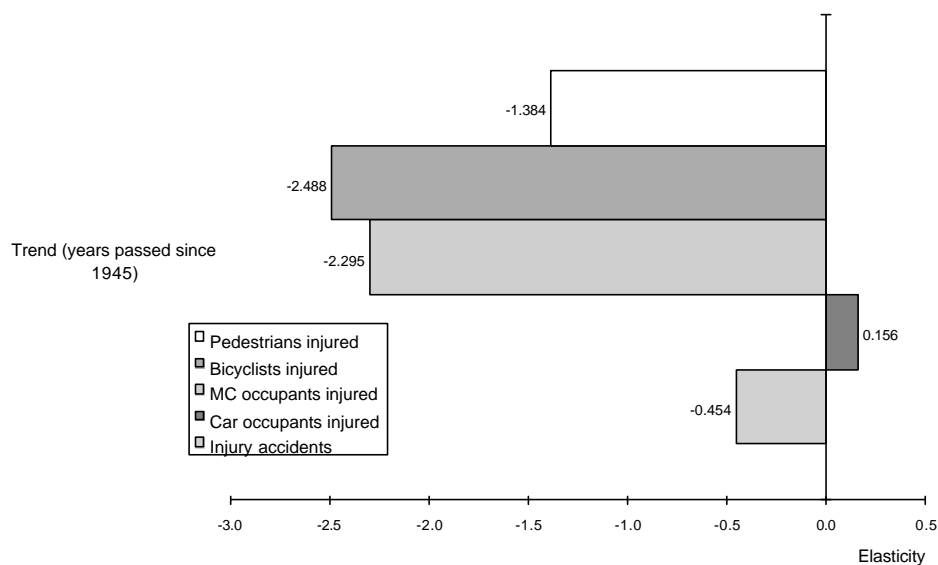


Figure 26: Trend effects as of 1994. Injury accidents and victims by road user category.

For two-wheelers and pedestrians, however, the trend effects are all the stronger. Bicyclist injuries decrease by no less than 5 per cent annually, other independent variables being equal, and pedestrian injuries by almost 3 per cent. It should be understood that large parts of these effects might be due to reduced (relative) exposure, not captured in the TRULS model. As the slower modes represent a steadily reduced part of total kilometers traveled, the frequency of accidents involving these modes – as reckoned per motor vehicle kilometer – naturally becomes lower.

1. Bakgrunn og problemstilling

Trafikkulykkene utgjør et folkehelseproblem av første rang og er et av våre aller største velferdsproblemer over hodet. Ytterst få sykdommer eller dødsårsaker gir opphav til like mange tapte leveår som trafikkulykkene.

Foruten alle dødsfallene, er trafikkulykkene forbundet med store menneskelige lidelser, sorg, savn og varige mén.

Dessuten er det betydelige økonomiske kostnader forbundet med skadebehandling, tapt ervervsevne og materielle tap.

Det er således anslått at de samlede trafikkulykkeskostnader for det norske samfunnet løper opp i 20-25 milliarder kroner pr år (Hagen 1997).

På denne bakgrunn er det av interesse å avdekke – og helst tallfeste – hvordan omfanget av trafikkulykker avhenger av de mest sentrale samfunnsmessige, politiske, teknologiske og naturgitte forhold. Denne rapporten skal gi et bidrag til nettopp dette.

Det er i årenes løp utført en betydelig mengde forskning og studier om virkningene av ulike trafikksikkerhetstiltak. Denne forskningen er i det alt vesentlige oppsummert i Trafikksikkerhetshåndboka (se Elvik m fl 1997).

Målet med denne rapporten er i første rekke å redegjøre for alle de påvirkningsfaktorene som *ikke* kan rubriseres som trafikksikkerhetstiltak, men som likevel har stor (direkte eller indirekte) innvirkning på ulykkestallene.

Tallet på slike faktorer er nærmest uendelig stort. På ytterst grovt nivå kan en f eks skille mellom

- (1) *utenfra gitte drivkrefter* som vanskelig kan styres (været, oljeprisen, folke- mengden etter kjønn og alder, osv),
- (2) *overordnede samfunnsforhold* (utenfor samferdselsområdet) som i begrenset grad kan påvirkes gjennom generelle politiske tiltak (disponibel inntekt, næringsvirksomhet, sysselsetting, bosetting, m v),
- (3) trekk ved *samferdselen* som i betydelig grad kan styres gjennom samferdsels- politikken, men som ikke vanligvis oppfattes som en del av trafikksikkerhets- politikken (bilparkens størrelse og sammensetning, førerkortinnehav, reise- vaner, transportinfrastruktur, kollektivtilbud, drivstoffpriser, m v),
- (4) (endringer i) *rutinene for ulykkesrapportering* og
- (5) *rene tilfeldigheter*.

Først når vi tatt høyde for utviklingen i disse forholdene kan vi tolke endringer i ulykkestallene som uttrykk for virkningene av

(6) de rene *trafikksikkerhetstiltak*, dvs tiltak med sikte på å redusere skaderisikoen pr utreist kilometer med de enkelte reisemidler (bilbeltepåbud, promillelov-givning, fartsgrenser, fysiske vegtiltak, sikkerhetskrav til kjøretøy, m v).

Også dersom vi primært er interessert i tiltaksvariablene i gruppe (6), er det derfor av betydning å ha kjennskap til sammenhengene under (1) til (5).

Til forskjell fra de aller fleste trafikksikkerhetsanalyser vil vi i denne rapporten legge stor vekt på disse bakenforliggende sammenhengene, især faktorene i gruppe (3) – dvs samferdselssektoren. Som biprodukt av denne studien vil vi således få fram ny kunnskap om etterspørselen etter biler og bilreiser, noe som kan ha interesse i seg selv, uavhengig av vårt fokus på trafikksikkerheten.

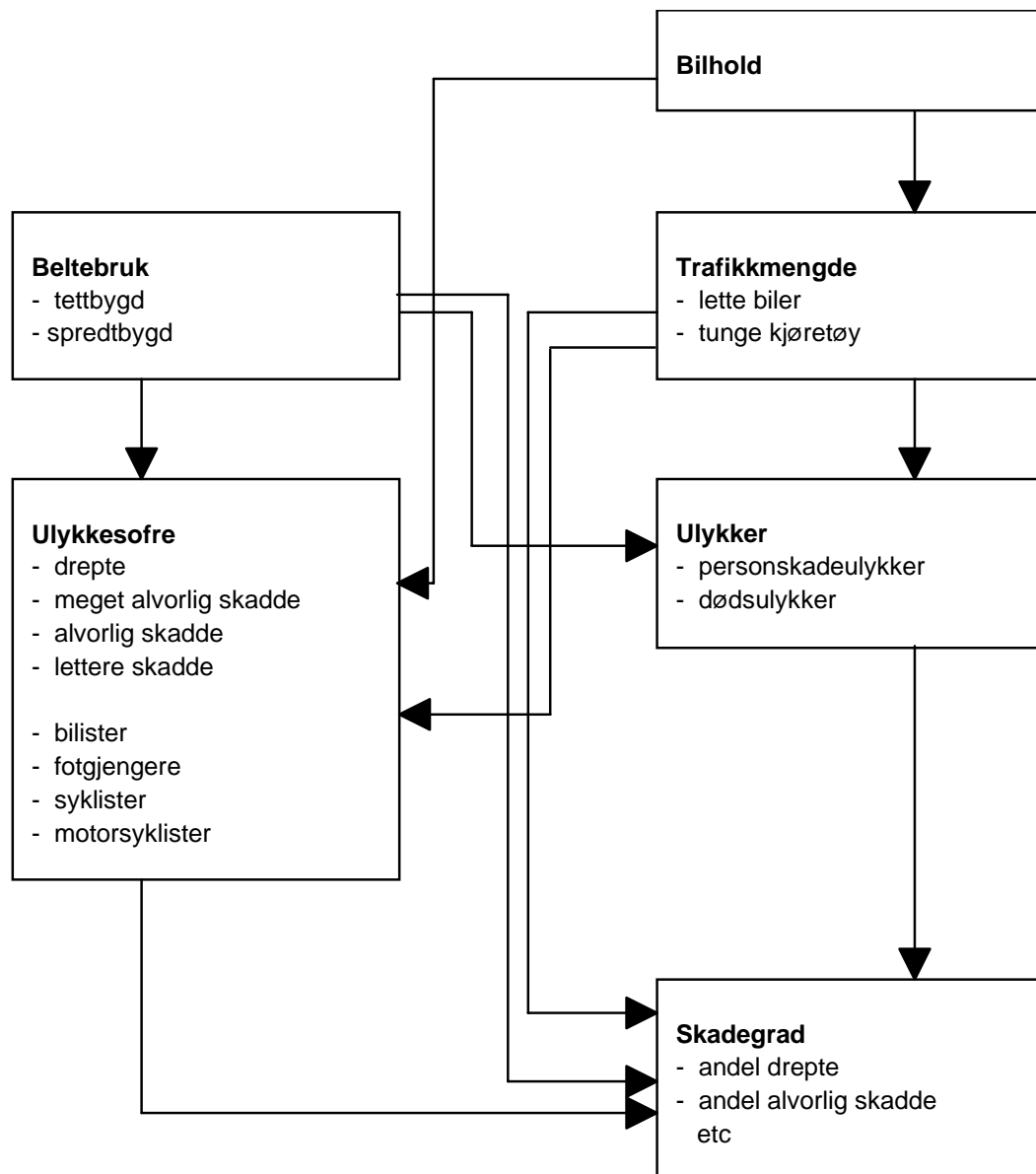
Et ensidig fokus på trafikksikkerhetstiltak innebærer, i en viss forstand, at en “forutsetter bort” endringer i de andre påvirkningsfaktorene. Implisitt antas disse å være konstante. Men dette er sjelden realistisk. I virkeligheten vil endringer i de sosioøkonomiske forhold utgjøre regelen snarere enn unntaket. Slike endringer kan i mange tilfeller ha store konsekvenser, og muligens gi større utslag i ulykkestallene enn selv de mest effektive trafikksikkerhetstiltak som iverksettes. Ved utforming av samferdsels- og trafikksikkerhetspolitikken vil det være av interesse å ha kunnskap om slike sammenhenger. Dette er den annen hovedgrunn til å utvide perspektivet på trafikkulykkene.

En tredje grunn ligger i det forhold at mange av de trafikksikkerhetstiltak som anvendes, kan ha betydelige konsekvenser i form av endret eksponering (trafikkmengde). Dersom f eks en ny og meget sikker veg har som konsekvens at mobiliteten tiltar, så vil nettoeffekten på ulykkestallene være bestemt av nedgangen i risiko sammenliknet med økningen i eksponering. Når det ikke har vært mulig å fastslå at gang- og sykkelveger har ulykkesreducerende effekt, så er årsaken muligens at slike veger fører til økt eksponering blant fotgjengere og syklistene.

For det fjerde kan det utvidede perspektivet gi grunnlag for å utarbeide plausible prognoser for ulykkestallet under ulike forutsetninger. Slike prognoser er nødvendige som grunnlag for å vurdere hva som er henholdsvis ambisiøse og realistiske mål for trafikksikkerhetsarbeidet. Generelt gjør det seg gjeldende en rekke faktorer av kategoriene (1) til (3) ovenfor, som har betydning for hvor lett eller vanskelig det vil være å nå gitte mål for reduksjon i ulykkestallet. Ved å synliggjøre og kvantifisere disse sammenhengene kan en i neste omgang få bedre grunnlag for å fastsette målene.

2. Modellen TRULS

For å forstå ulykkene på norske veger i et slikt utvidet perspektiv har vi bygget opp den økonometriske modellen **TRULS** (“**TR**afikk, **UL**ykker og deres **SK**ade-grad”).



Figur 2.1: Avhengige variable i modellen TRULS.

2.1 Avhengige og uavhengige variable

TRULS skiller seg fra de fleste andre statistiske ulykkesanalyser ved at vi går flere steg bakover i den samfunnsmessige årsakskjeden som leder fram til vegtrafikkulykkene. En kan si at vi, i tillegg til å forklare ulykkestallene ved hjelp av et antall variable, i neste steg også forsøker å “forklare forklaringsvariablene”, med sikte på en enda dypere forståelse av prosessen.

Modellen består derfor av en rekke *avhengige* variable i tillegg til ulykkestallene. Disse er vist i figur 2.1.

Tabell 2.1: Uavhengige variable i TRULS.

Uavhengig variabel	Virker direkte på (avhengige variable)					
	Bilhold	Vogn-km	Beltebruk	Ulykker	Ofre	Skadegrad
Infrastruktur	√	√		√	√	√
Vegvedlikehold				√	√	√
Offentlig transporttilbud	√	√		√	√	√
Befolkning	√	√		√	√	√
Inntekt	√	√				
Priser	√	√				
Rentenivå	√					
Skatter og avgifter	√	√				
Kjøretøykarakteristika		√	√	√	√	√
Dagslys		√		√	√	√
Værforhold		√		√	√	√
Kalendereffekter		√		√	√	√
Geografi	√	√	√	√	√	√
Lovgivning			√	√	√	√
Bøtenivå			√			
Alkoholtilgjengelighet				√	√	√
Informasjon		√	√			
Rapporteringsrutiner				√	√	√
Tilfeldighet og målefeil	√	√	√	√	√	√

Grovt inndelt består de avhengige variablene av bilhold, trafikkmengde, bilbeltebruken, (personskade)ulykker, ulykkesofre (dvs skadde og drepte) og skadegrad. De avhengige variablene kjennetegnes ved at disse ikke forutsettes gitt (konstante), men forklares og predikeres i modellen.

De uavhengige variable framgår av tabell 2.1, der det også vises hvilke avhengige variable de antas å virke på. Siden enkelte av de avhengige variable også inngår

som forklaringsfaktorer (“uavhengige” variable) for andre avhengige variable, regner modellen med både direkte og indirekte virkninger. Rentenivået (kapitalkostnaden) inngår f eks som forklaringsfaktor i bilholdsmodellen, men ikke i vognkilometermodellen (trafikkarbeidet). Men siden bilhold inngår som forklaringsfaktor for trafikkarbeidet, og trafikkarbeidet som forklaringsfaktor for ulykkene, påvirker rentenivået *indirekte* både trafikkmengden og ulykkestallet - i modellen såvel som i virkeligheten.

En detaljert framstilling av de ulike variablenes betydning er gitt i kapittel 6.

2.2 Data og metode

Enheten (observasjonsenheten) i TRULS er måned \times fylke. Det innebærer at vi, for hver måned (i perioden 1973-1994) og hvert fylke, har samlet og systematisert data om ulykker, kjøretøykilometer, bilhold og alle andre variable som framgår av figur 2.1 og tabell 2.1, i nokså stor detalj. Datamaterielet er med andre ord et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale.

Ved å sammenholde ulykkestallene med alle de andre relevante variable kan vi anslå effektene av hver forklaringsvariabel på ulykkestallene. Til dette bruker vi en variant av *sannsynlighetsmaksimeringsmetoden*. Det vil si at vi tallfester parametrene i de enkelte sammenhengene slik det blir maksimalt sannsynlig at nettopp det datasettet vi har kunnet observere, skal oppstå. Ingen annen samling parameterverdier kan gjøre det faktiske utfall (datamaterialet) mer sannsynlig.

Dette innebærer ikke at resultatene er fri for usikkerhet. Det er mange kilder til slik usikkerhet – tilfeldighet, målefeil, teori- eller modellfeil, mv.

Den usikkerheten som skyldes tilfeldige utslag har vi i noen grad kontroll med gjennom signifikanstester, standardavvik osv. De andre usikkerhetskildene kan vi i beste fall vurdere skjønnsmessig.

Usikkerheten går i prinsippet i begge retninger. De virkninger vi kommer fram til, kan betraktes som midt-på-treet-anslag.

Usikkerheten er større jo spinklere ulykkesdatamateriale analysen bygger på. Konkret innebærer dette at virkningen på antall døds ofre eller dødsulykker, som det er forholdsvis få av, er mer usikre enn de tilsvarende virkningstall for personskadeulykker. Vi har derfor i denne rapporten lagt hovedvekt på personskadeulykkene og noe mindre vekt på dødsulykkene.

Den analysemetode som er anvendt er dessuten noe mindre egnet for særlig små ulykkestall, og kan forbedres. En fornyet analyse av dødsulykkestallene vil derfor være en prioritert oppgave ved en eventuell videreføring av modellarbeidet.

3. Trafikkarbeidet i fylkene

3.1 Problemstilling og metode

Den uten sammenlikning viktigste forklaringsfaktor bak utviklingen (og de regionale variasjoner) i ulykkestallene, er uten særlig tvil trafikken, eller – mer presist – *antall utkjørte kjøretøykilometer*.

Det finnes ingen statistiske oppgaver over utkjørte kjøretøykilometer i de enkelte fylker og måneder. Første trinn i arbeidet med TRULS har derfor vært å *beregne* slike tall.

Drivstoffsalsstatistikk foreligger på nivå måned \times fylke, til alt overmål med en meget detaljert inndeling i kjøpergrupper, der bensinstasjoner er én. Det dreier seg altså om statistikk for *engrossalget*. Utjevnet over måneden vil imidlertid engros- og detaljsalget, med enkelte unntak, ikke atskille seg særlig. Unntak kan f eks gjelde perioder med store prisendringer, da det kan forekomme ekstraordinær lageroppbygging eller –nedbygging, eller kalenderrelaterte uregelmessigheter, så som påskeutfart eller –innfart.

Trafikktellinger foretas på et betydelig antall faste tellepunkter på vegnettet. Nyere telleapparater skiller mellom lange og korte kjøretøy. Grensen går ved 5,5 meter. Det er imidlertid ikke trivielt å “oversette” et sett trafikktellinger, hvor måleenheten er *kjøretøy*, til et mål på trafikkarbeid, hvor enheten er *kjøretøykilometer*. Det siste tallet er i prinsippet gitt ved den veide summen av alle av veglenkenes trafikkbeltning (passerte kjøretøy), med veglenkenes lengde som vekter.

Det er imidlertid mulig å betrakte de enkelte tellepunktene som et *utvalg* fra områdets *trafikkpopulasjon*. Dersom vi kjenner størrelsen på denne populasjon (dvs totalt antall kjøretøykilometer) for en bestemt periode, og sammenholder denne med trafikktellingene for samme periode, kan vi – i samsvar med vanlig praksis for utvalgstillinger – beregne en *oppblåsningsfaktor*, som angir hvor mange utkjørte kjøretøykilometer i fylket som i gjennomsnitt er representert ved hver kjøretøypassering på fylkets tellepunkter.

Vi er så heldig å ha tilgang på et slik referansemateriale, nemlig Vegdirektoratets anslag for trafikkarbeidet med henholdsvis lette og tunge (les: korte og lange) kjøretøy i fylkene i 1994 (Vegdirektoratet 1996). Basert på dette materialet, og på et utvalg av Vegvesenets kontinuerlige tellepunkter i 14 fylker, har vi beregnet grove tall for det månedlige trafikkarbeidet i disse fylkene gjennom årene 1988-94.

Tallet på kontinuerlige tellepunkter i det enkelte fylke er nokså lite – fra to til åtte. Det innebærer at våre grove (oppblåste) anslag for trafikkarbeidet er beheftet med stor utvalgsfeil. I fem fylker var det dessuten såpass store hull og feil i tallseriene for et flertall tellepunkt at dataene ble ansett som ubrukbare i forhold til kravene i en økonometrisk analyse. Det samme gjaldt, for de fleste fylkers vedkommende, alle tellinger fra før 1988.

For å “glatte ut” virkningene av utvalgsfeil og tilfeldige variasjoner, “fyller ut” hullene i materialet (i tid og rom, dvs bakover til 1973 og utover til de fem manglende fylker), samt beregne sammenhengen mellom trafikkarbeid og drivstoffsalg, har vi estimert et sett økonometriske likninger.

Essensen i disse likningene er å utnytte tidsserievariasjonen i trafikkteilingene til å “rense” drivstoffsalgstallene for de fleste faktorer som fører til variasjon i drivstofforbruket (egentlig -salget) pr vognkilometer. Disse faktorene inkluderer kjøretøyparkens energieffektivitet, drivstofforbruk utenfor vegtrafikksektoren, vær- og føreforhold, samt visse hamstrings- eller lagerendringseffekter av drivstoffprisvariasjoner eller kalenderavhengige trafikkmønstre.

Implisitt beregner vi et sett korreksjonsfaktorer som kan nyttes til å “oversette” fra drivstoffsalg til trafikkarbeid. På denne måten blir vi i stand til å utnytte den ytterst rikholdige drivstoffsalgstatistikken til å konstruere pålitelige, månedlige tall for det fylkesvise trafikkarbeidet, fordelt på lette og tunge kjøretøy, gjennom hele perioden 1973-1994. Slike tall har tidligere ikke vært tilgjengelige.

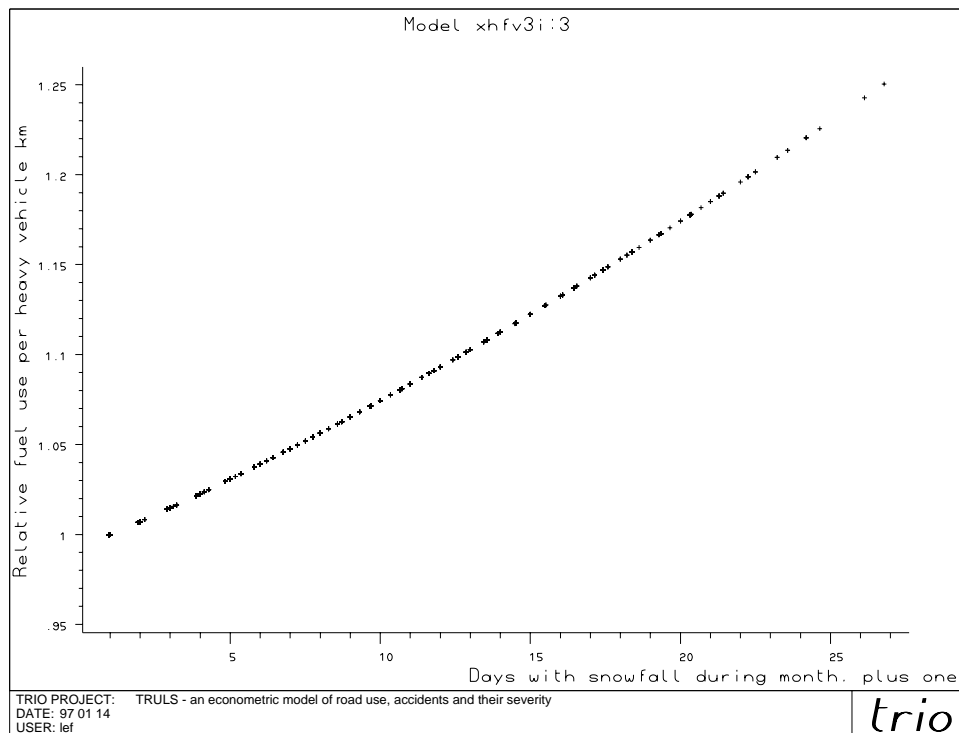
Som biprodukt får vi fram ny informasjon om hvordan drivstofforbruket pr vognkilometer avhenger av nedbør- og temperaturvariasjoner og av hvordan prisvariasjoner leder til lagerendringer hos forhandlerne.

En nærmere teknisk redegjørelse for den økonometriske analysen kan finnes i Fridstrøm (1998a). I denne rapporten vil vi nøye oss med å vise resultatene.

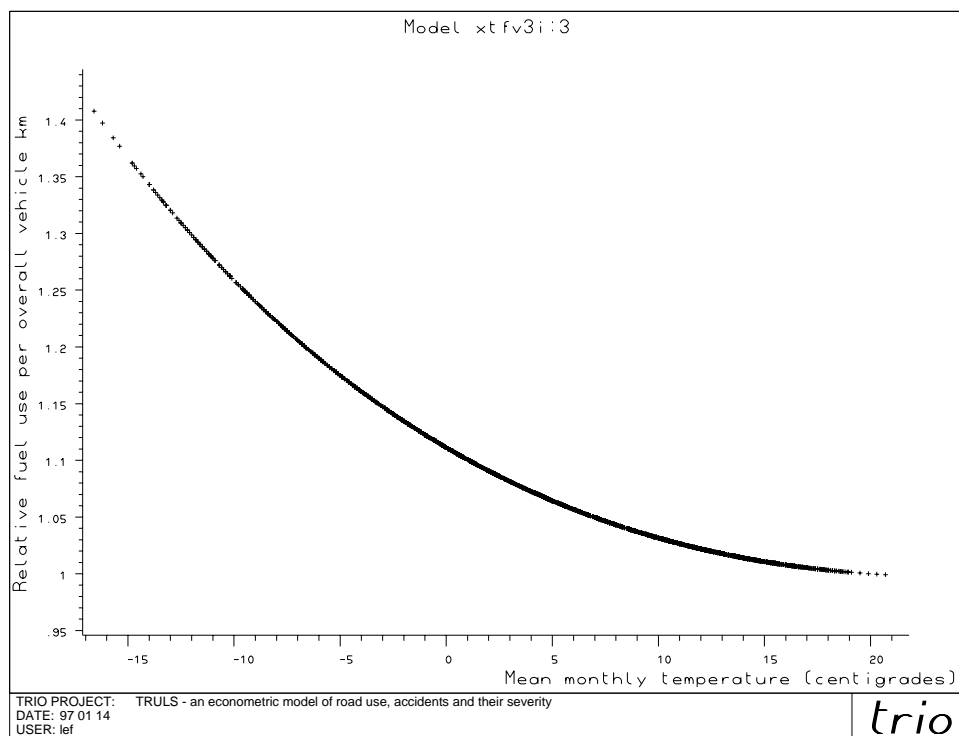
3.2 Sammenhengen mellom drivstofforbruk og værforhold

Noe overraskende viser analysen ingen signifikant sammenheng mellom snøfall og alminnelig drivstofforbruk pr kjøretøykilometer. Forklaringen kan være at vinterføre leder til nedsatt hastighet, og at denne hastighetsreduksjonen gir en drivstoffbesparelse som er omtrent tilstrekkelig til å oppveie effekten av høyere rullefriksjon og svakere veggrep.

Dette gjelder når en betrakter alle kjøretøytyper generelt. For tunge kjøretøy spesielt finner vi imidlertid en klart signifikant effekt. En ti prosents økning i antall snøværsdager pr måned er i gjennomsnitt forbundet med et 0.37 prosent høyere drivstofforbruk pr utkjørt kilometer. Den beregnede sammenhengen er vist i figur 3.1.



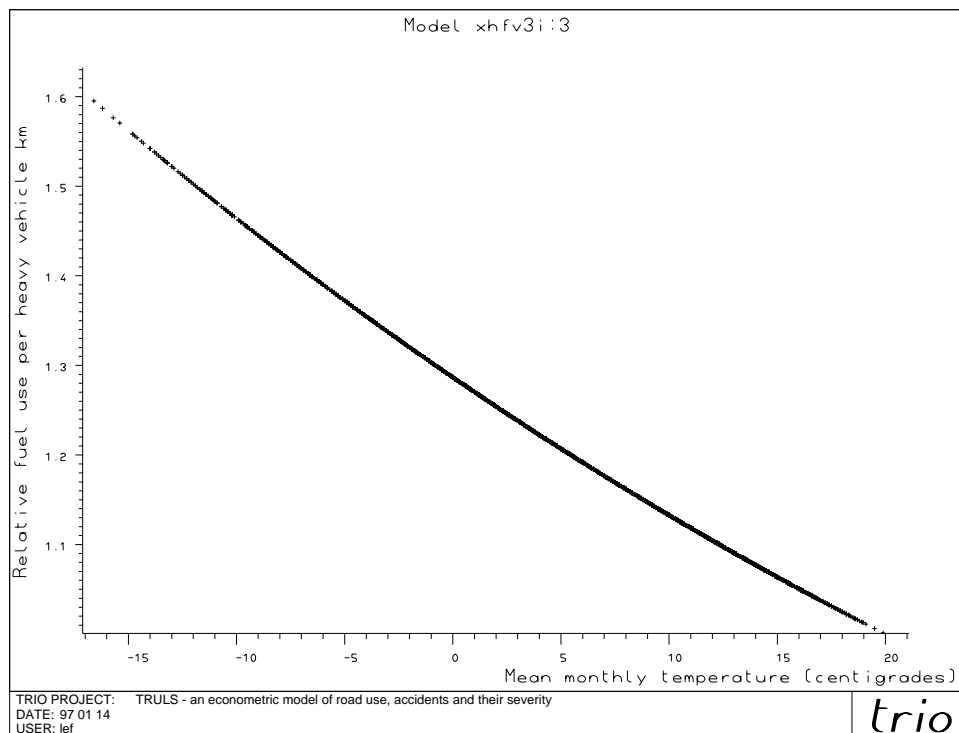
Figur 3.1: Beregnet sammenheng mellom snøværshyppighet (dager pr måned) og drivstofforbruk pr tungbilkilometer (l pr km).



Figur 3.2: Beregnet sammenheng mellom månedsmiddeltemperatur (°C) og drivstofforbruk pr alminnelig kjøretøykilometer.

Temperaturvariasjoner har større effekt. I sin alminnelighet (dvs i gjennomsnitt for all typer kjøretøy) er drivstofforbruket 25 prosent høyere når månedsmiddeltemperaturen er minus 10 grader, sammenliknet med vårt referansepunkt på +25°C. Sammenhengen er vist i figur 3.2.

For tunge kjøretøy spesielt er sammenhengen enda mer markant (figur 3.3). Her er det beregnede drivstofforbruket 40-60 prosent høyere i de kaldeste månedene sammenliknet med de varmeste. Muligens er denne effekten i noen grad påvirket av at autodiesel solgt gjennom bensinstasjonene også i enkelte tilfeller blir anvendt til oppvarming. I så fall er effekten trolig noe overestimert.



Figur 3.3: Beregnet sammenheng mellom månedsmiddeltemperatur (°C) og drivstofforbruk pr tungbilkilometer.

3.3 Trafikkutviklingen 1973-94

I figur 3.4 til 3.7 sammenliknes våre modellberegnete vognkilometertall – etter summasjon over alle fylker og alle måneder i løpet av hvert år – med tilgjengelige anslag fra offentlig statistikk.

Modellberegningene er gjort i fire varianter, hvorav én – den mest generelle modellen, med kode *FV* – er hovedalternativet¹. Gapet mellom modellvariantene ut-

¹ *FV* står for “fri modell med variable elastisiteter”. Det innebærer at vi *ikke* har lagt noen *restriksjoner* på modellens parametre, og at styrken i sammenhengen mellom trafikkmengde og bensin- eller dieselsalg *varierer* med innslaget av bensin- og dieseldrevne kjøretøy, henholdsvis, i bestanden. I modellen *FC* (“fri modell med konstante elastisiteter”) er det ikke tatt hensyn til det siste forholdet. I modellene *CV* og *CC* er parametrene “styrt” (“constrained”), slik at en *x* prosent vekst i så vel bensin- og dieselsalg pr definisjon gir seg utslag i *x* prosent større trafikk (det forut-

vider seg når vi går bakover i tid fra 1988. Dette skyldes at beregningene er basert på data for perioden 1988-94, men ekstrapolert tilbake til 1973. Avviket mellom variantene er likevel nokså lite, selv i ekstrapolasjonsområdet. Alle varianter gir samme utviklingstrend.

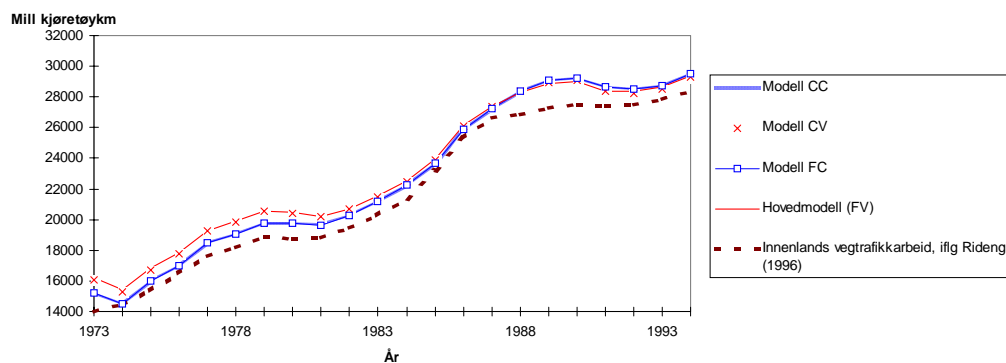
Figur 3.4 viser beregnede tall for samlet antall utkjørte kjøretøykilometer, sammenliknet med offentlig tilgjengelig samferdselsstatistikk (se f.eks. NOS C 264), slik denne er oppsummert og bearbeidet av Rideng (1996).

Samsvaret mellom beregnede tall og offentlig statistikk må betegnes som ytterst tilfredsstillende. Ikke bare er utviklingsbanene over tid praktisk talt parallelle – også *nivået*, regnet i absolutte tall, viser stor grad av samsvar. Fullstendig samsvar kan en ikke vente å få, blant annet fordi våre beregnede tall *gjelder all trafikk på norsk område*, mens den offentlige statistikk kun *gjelder innenlands transport*, dvs. at import- og eksporthandel er ekskludert – også den del av transporten som finner sted på norsk jord.

Den viktigste forskjell mellom tallseriene gjelder utviklingen fra 1973 til –74, der våre beregnede tall viser trafikknedgang i kjølvannet av den første oljekrisen. Noen slik tendens gjenfinnes ikke i samferdselsstatistikken.

Våre tall gir også en kraftig trafikkvekst på slutten av “jappetiden” (1987-90), og en klar nedgang i årene deretter, mens samferdselsstatistikken viser en heller flat utvikling i perioden 1987-92.

Vår vurdering er at våre modellberegnete tall på begge disse punkt gir et mer troverdig bilde enn den offentlige statistikk.



Figur 3.4: Samlet årlig vegtrafikkarbeid i Norge, ifølge fire beregningsmodeller og ifølge offentlig statistikk

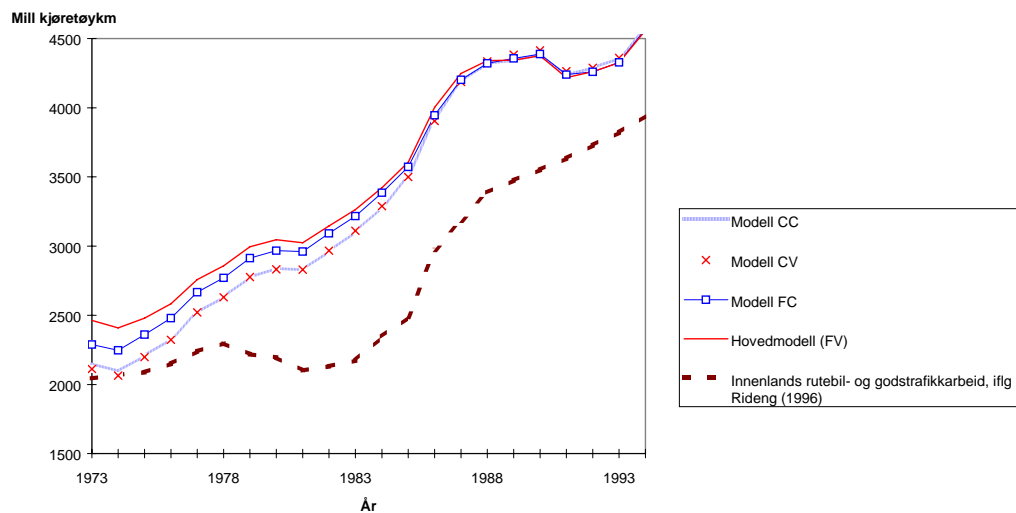
I figur 3.5 vises tilsvarende tallserier for tunge kjøretøy. Her er samsvaret langt dårligere, regnet i absolutte tall så vel som relativt.

Sammenlikningsproblemene er noe større enn for totaltrafikken, idet våre modellberegnete tall gjelder kjøretøy med minst ett tonns nyttelast eller 20 passasjer seter, mens den offentlige statistikk også omfatter små varebiler.

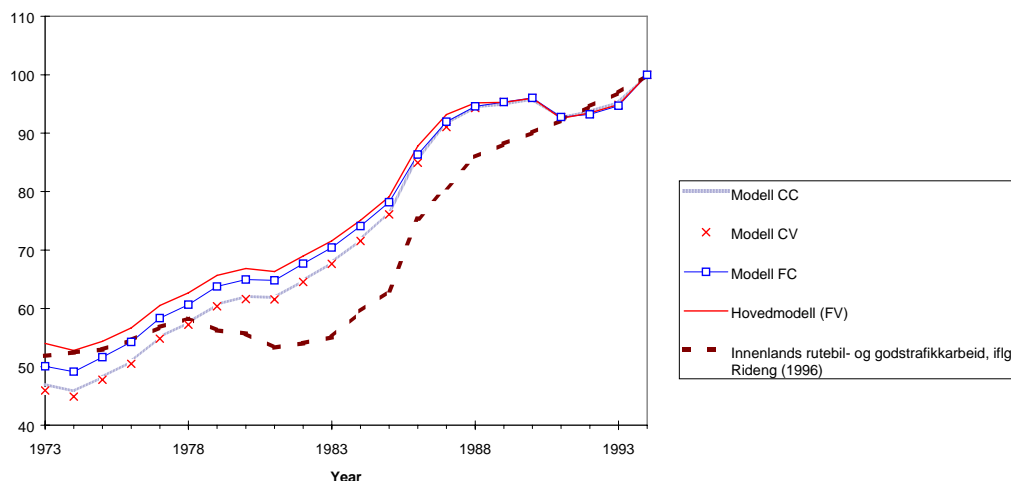
settes proporsjonalitet mellom trafikk og drivstoffsalg, gitt værforhold, kjøretøypark, drivstoffpriser, mv). Det viser seg imidlertid overflødig å legge på en slik restriksjon, da også de “frie” (FV og FC) modellene gir en slik proporsjonalitet som resultat. For en nærmere redegjørelse viser vi til Fridstrøm (1998a).

Hovedkilden for Samferdselsstatistikkens data om tungtrafikk er de fem-årige lastebiltellingene (NOS A 796, NOS B 136, NOS B 636, NOS B 974). Disse er utvalgsundersøkelser med frafall på opptil 40 prosent. Mellom tellingsårene er statistikken stort sett basert på interpolasjon.

Tellingene gir en påfallende nedgang i trafikken fra 1978 til -83. Noen slik nedgang framkommer ikke i våre modellberegnete tall. Modellberegningene gir en betydelig nedgang i tungtrafikken under lavkonjunkturen først på 90-tallet, og en svak nedgang fra 1973 til -74. Disse bevegelsene framkommer ikke i Samferdselsstatistikken.



Figur 3.5: Årlig tungtrafikkarbeid i Norge, ifølge fire beregningsmodeller og ifølge offentlig statistikk



Figur 3.6: Indekser for tungtrafikk, ifølge fire beregningsmodeller og ifølge offentlig statistikk (1994=100)

Særlig tydelig blir disse avvikene når en betrakter de relative tall (figur 3.6).

Vi finner igjen grunn til å feste størst lit til våre modellberegnete tall. En indikasjon på at disse gir et riktigere bilde, får en ved å sammenlikne med en annen,

svært pålitelig datakilde, nemlig oppgavene over utkjørt distanse med kilometeravgiftspliktige *dieseltkjøretøy* (figur 3.7). Disse oppgavene, som foreligger fram til avskaffelsen av kilometeravgiften i 1993, viser vekst hvert eneste år. Veksttakten er gjennomgående kraftigere enn i våre modellberegnete vognkilometertall, men dette lar seg forklare av en markant forskyvning i retning av flere dieseldrevne og færre bensindrevne godskjøretøy.

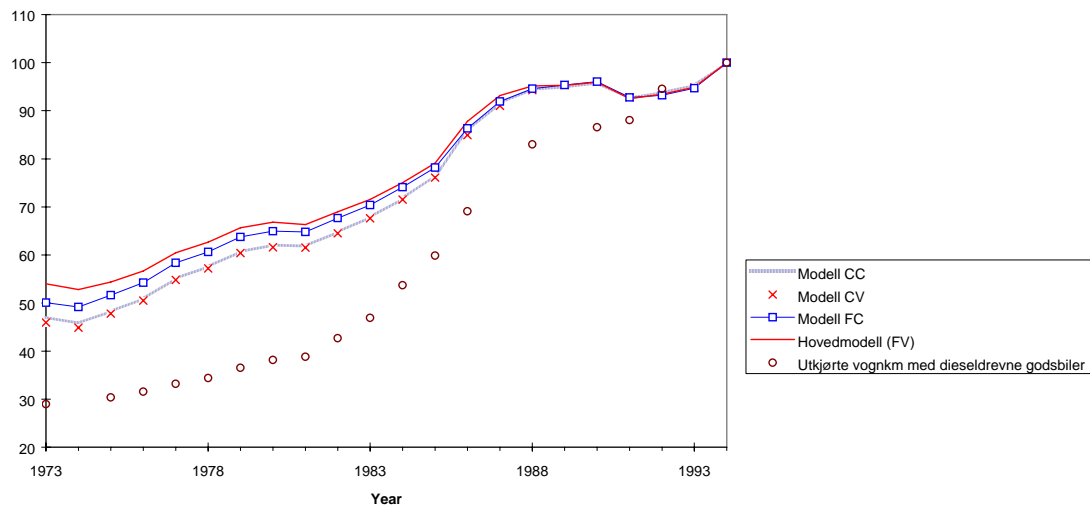
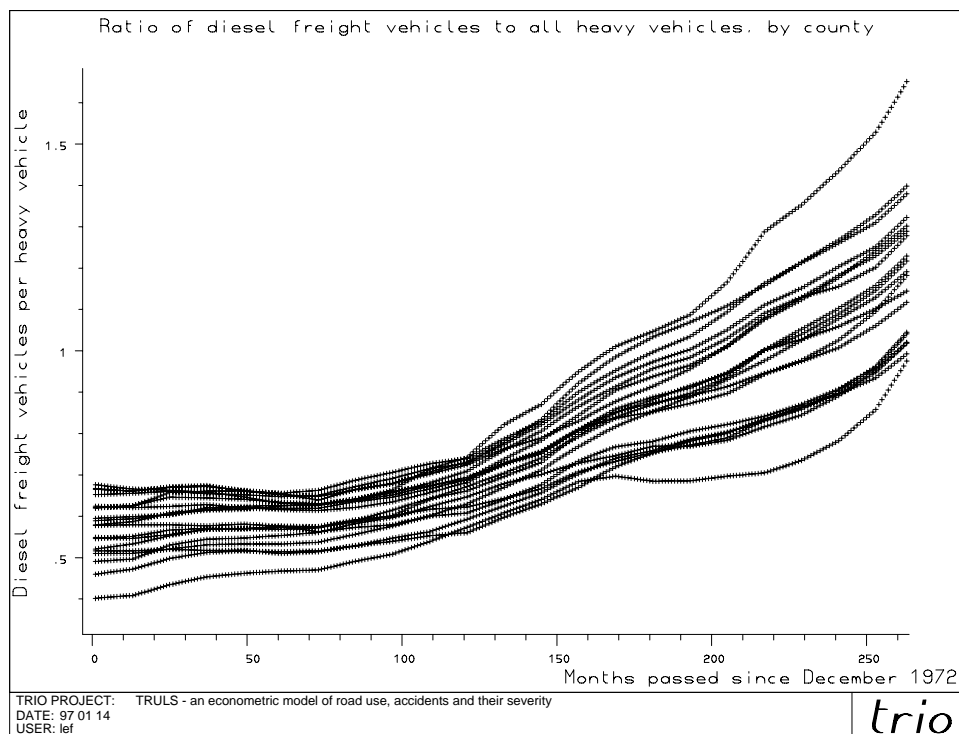


Figure 3.7: Indekser for tungtrafikk, ifølge fire beregningsmodeller og ifølge oppgaver over påløpt kilometeravgift (1994=100)



Figur 3.8: Forholdstall mellom dieseldrevne godsbiler og alle tunge kjøretøy. 19 fylker, 1973-94.

Figur 3.8 viser således forholdstallet mellom *dieseldrevne godsbiler*, som var pålagt kilometeravgift, og *alle tunge kjøretøy*, som ligger til grunn for modellberegningene. Hvert fylke er representert med en streng av punkter over tid. Mens det i 1973 var nesten to tunge kjøretøy for hver dieseldreven godsbil, var det i 1994, i nesten alle fylker, flere dieseldrevne godsbiler enn det var tunge kjøretøy i alt².

3.4 Konklusjon: et sterkt forbedret tallmateriale for trafikk

Våre modellbregnede vognkilometertall gir etter alt å dømme et riktigere og mer fullstendig bilde av trafikkutviklingen på nasjonalt nivå enn noen annen, hittil tilgjengelig datakilde. Vi fester lit til at de underliggende fylkes- og månedsvariasjonene også fanges opp med rimelig høy grad av nøyaktighet, og til at disse tallene representerer klart forbedrede mål på eksponering sammenliknet med ukorrigerede data for drivstoffsalg. De modellbregnede vognkilometertallene (ifølge model FV) vil derfor bli lagt til grunn ved estimering av delmodellene for bilbruk, ulykker og skadegrad.

² I 1973 var 99 prosent av alle lette godsbiler og 42 prosent av alle tunge godsbiler bensindrevne (Opplysningsrådet for biltrafikken 1974). I 1994 hadde disse andelene falt til 58 og 31 prosent, henholdsvis (Opplysningsrådet for veitrafikken 1995).

4. Bilhold og bilbruk

Første trinn i modellen TRULS er en likning som forklarer bevegelsene i privatbilbestanden. Modellen innebærer såkalt “lag” (forsinkelse) i tilpasningen, dvs at det tar tid fra det inntreer endringer i rammebetingelsene til husholdningene har tilpasset bilholdet til et nytt “likevektsnivå”. Den samlede bilpark tilhørende norske husholdninger er en “treg masse”, som først på noen års sikt, gjennom endringer i nybilkjøp og vraking, tilpasser seg til endrede rammevilkår.

Den faktiske bilbestanden vil bare unntaksvis være i samsvar med likevektsnivået. Er likevektsnivået høyere enn det faktiske nivået, vil husholdningene som aggregat anskaffe flere nye biler enn det antall som utrangeres. I den motsatte situasjon vil vrakingen være høyere enn nybilkjøpet. Tilpasningen til den nye likevektsnivået tar imidlertid lang tid, i henhold til TRULS anslagsvis 8 år³.

Likevektsnivået er uttrykk for det antall biler norske husholdninger “ønsker” å eie under de gjeldende økonomisk forhold. Dette antas bl a å avhenge av folkemengde, inntekter, priser, rentenivå, skattesatser, offentlig transporttilbud, samt vegnettets lengde og beskaffenhet.

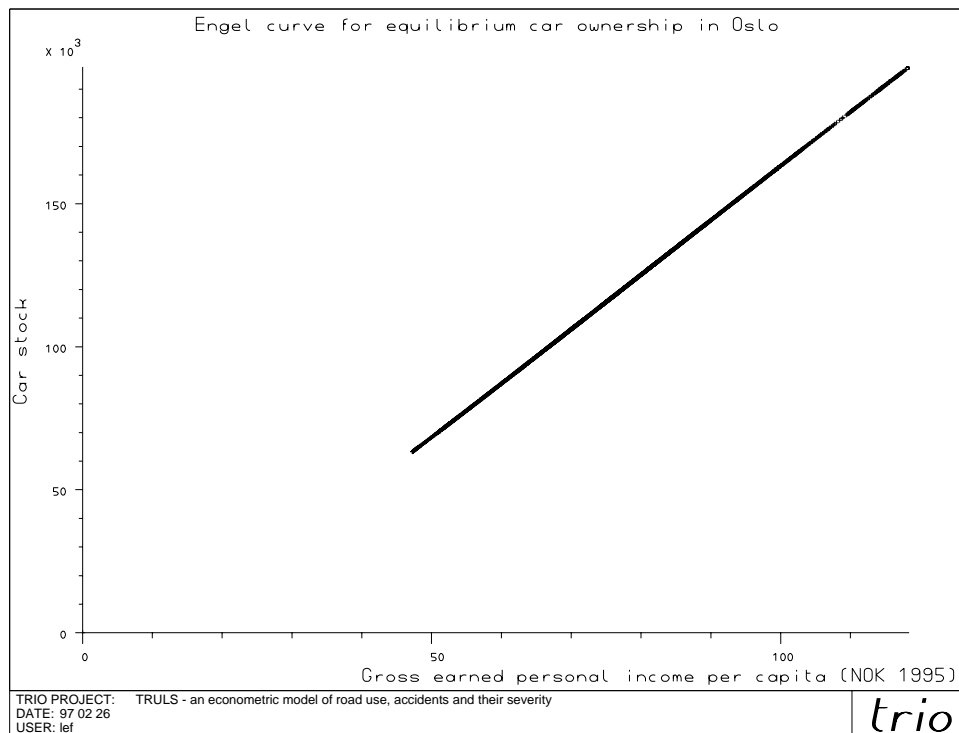
En detaljert redegjørelse for bilholdsmodellen er gitt i Fridstrøm (1998b).

4.1 Inntektsvirkninger

Sammenhengen mellom bilhold og inntekt (Engel-kurven), slik denne er estimert i modellen TRULS, er vist i figur 4.1. Sammenhengen er omtrent proporsjonal.

Den såkalte Engel-elasticiteten, som måler hvordan bilholdet endrer seg som følge av inntektsvekst, er estimert til 1,18 pr 1994. Bilholdet vil med andre ord øke med anslagsvis 1,18 prosent for hver prosents økning i inntekten, med utgangspunkt i det nivå på (pensjonsgivende) inntekt som gjaldt i den norske befolkning i 1994.

³ Mer presist vil bilbestanden i løpet av ett år endre seg med ca 1/8 av det antall kjøretøy som skal til for å lukke gapet mellom optimal og faktisk bestand.



Figur 4.1: Sammenheng mellom inntekt og (likevekts)bilhold i makro.

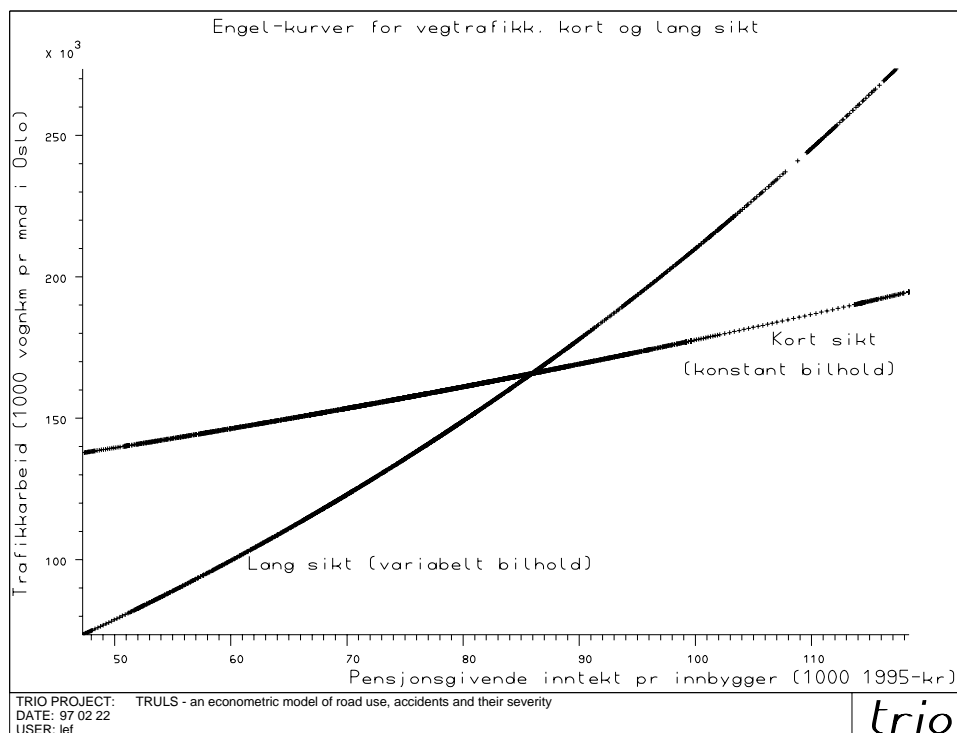
Denne effekten gjelder på lang sikt. På kort sikt er utslaget langt mindre.

Engelelasticiteten (inntektsfølsomheten) ser ut til å avta bare svakt med høyere inntektsnivå⁴. Det er således ingen markert tendens til at etterspørselen etter biler “mettes” når inntekt og bilhold når et visst nivå.

I figur 4.2 vises Engel-kurver⁵ for vegtrafikkarbeidet på kort og lang sikt. Kurvene viser hvordan det samlede antall vognkilometer i et fylke kan antas å avhenge av gjennomsnittlig (pensjonsgivende) inntekt.

⁴ Engel-kurven er omtrent rett og passerer omtrent gjennom origo (dersom den ekstrapoleres utenfor det observasjonsområdet). Merk at dette *ikke* er en følge av hvordan modellen er konstruert, men en beste (sannsynlighetsmaksimerende) tilpasning til de foreliggende empiriske data.

⁵ Engel-kurver uttrykker vanligvis sammenhengen mellom inntekt og forbruksutgift, mens våre etterspørselskvanta er målt i fysiske enheter (biler, vognkilometer). De svarer derfor til Engel-kurver kun under forutsetning av konstante (generaliserte) priser på biler og bilbruk (se fotnote 8). Det innebærer blant annet at sammenhengene ikke tar hensyn til tilbakevirkningen via redusert framkommelighet på vegene.



Figur 4.2: Sammenheng mellom inntekt og vegtrafikk i makro.

Kurven er brattere på lang sikt enn på kort. Det skyldes at på kort sikt er bilholdet uendret, mens det på lang sikt endrer seg i samsvar med sammenhengen i figur 4.1. På lang sikt gjør det seg med andre ord gjeldende *to* effekter: en direkte og en indirekte. En inntektsøkning påvirker trafikkvolumet *direkte* ved at husholdningene får bedre råd til å reise og til å bruke de bilene de allerede disponerer. I tillegg vil en alminnelig inntektsøkning på lang sikt føre til et høyere bilhold, og dermed *indirekte* til en enda høyere bilreisefrekvens.

Det er verd å merke seg at Engel-kurvene krummer *oppover*. Det er ingen tendens til at veksttakten i biltrafikken avtar med høyere inntektsnivå, slik en kunne tenke seg dersom behovet for bilreiser etter hvert ble “mettet”. Tendensen er snarere den motsatte – at bilbruk framstår som en stadig mer aktuell anvendelse av inntekts-tillegg. Dette har viktige, til dels nedslående, implikasjoner i forhold til målet og debatten om “bærekraftig utvikling”.

Dersom framkommeligheten avtar og reisetiden øker etter hvert som det blir stadig flere biler på vegen, vil dette likevel bidra til at bilbruken ikke vokser fullt så bratt som vist på figuren.

Pr 1994 er Engel-elasticiteten for vegtrafikk estimert til ca 1,6, dvs at en én prosents inntektsvekst på lang sikt gir seg utslag i ca 1,6 prosent større vegtrafikk under gitte (generaliserte⁸) reisekostnader.

4.3 Drivstoffpriser

I figur 4.3 og 4.4 vises etterspørselskurver for vegtrafikk. Kurvene viser hvordan tallet på vognkilometer tilbakelagt i et fylke (Oslo er brukt som eksempel) henger sammen med realprisen på drivstoff⁶.

I figur 4.3 vises kurver pr januar 1974, i figur 4.4 de samme kurver pr desember 1994. Kurvene skifter over tid fordi både utgangsprisnivået og kjøretøyparkens drivstoffeffektivitet endrer seg. Realprisnivået var noe høyere i slutten av 1994 enn i januar 1974, men kjøretøyparkens gjennomsnittlige, spesifikke drivstofforbruk var på 21 år blitt betydelige lavere (figur 4.5⁷).

Alt i alt innebærer dette at drivstoffkostnaden pr utkjørt kilometer gjennomgående var betydelig lavere i 1994 enn i 1974. Av denne grunn er vegtrafikken blitt mindre priselastisk (prisfølsom). Pr 1994 vil en én prosents økning i drivstoffprisen på kort sikt bare gi en anslagsvis 0,11 prosents reduksjon i biltrafikken. På lang sikt (når en tar hensyn til endringen i bilhold) er elastisiteten imidlertid ca minus 0,26. Over halvparten av drivstoffprisens virkning på trafikken kommer med andre ord via bilholdet: høye drivstoffpriser fører til at det blir mer kostbart og mindre attraktivt for husholdningene å skaffe seg (en ekstra) bil.

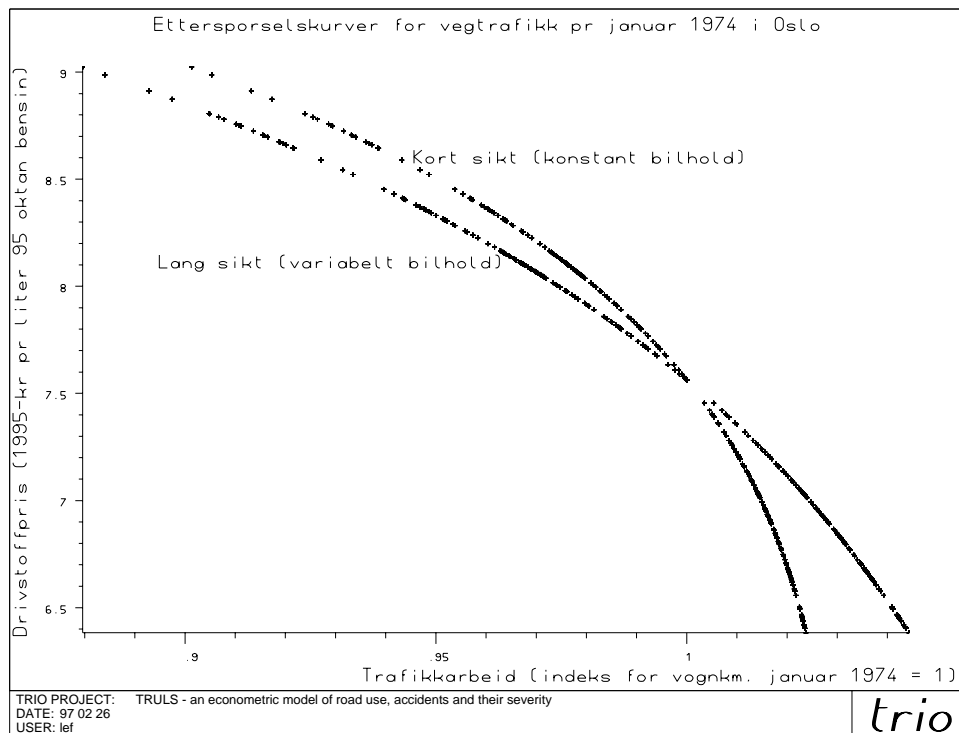
Prisfølsomheten er med andre ord høyere på lang sikt enn på kort (etterspørselskurven er brattere).

Prisfølsomheten øker med nivået på drivstoffprisen. Etterspørselskurvene krummer derfor tydelig *nedover*. Ved høy drivstoffpris er (den kortsiktige) prisfølsomheten vesentlig større (i tallverdi) enn (minus) 0,11. Dette er intuitivt rimelig, idet drivstoffet vil utgjøre en større andel av (den generaliserte⁸) reisekostnaden jo dyrere drivstoffet er i utgangspunktet. Ved høyt bensinprisnivå vil en ytterligere økning i prisen utgjøre et større kronebeløp enn når utgangsprisnivået er lavt. Utslaget i reiseetterspørselen vil dermed også bli større.

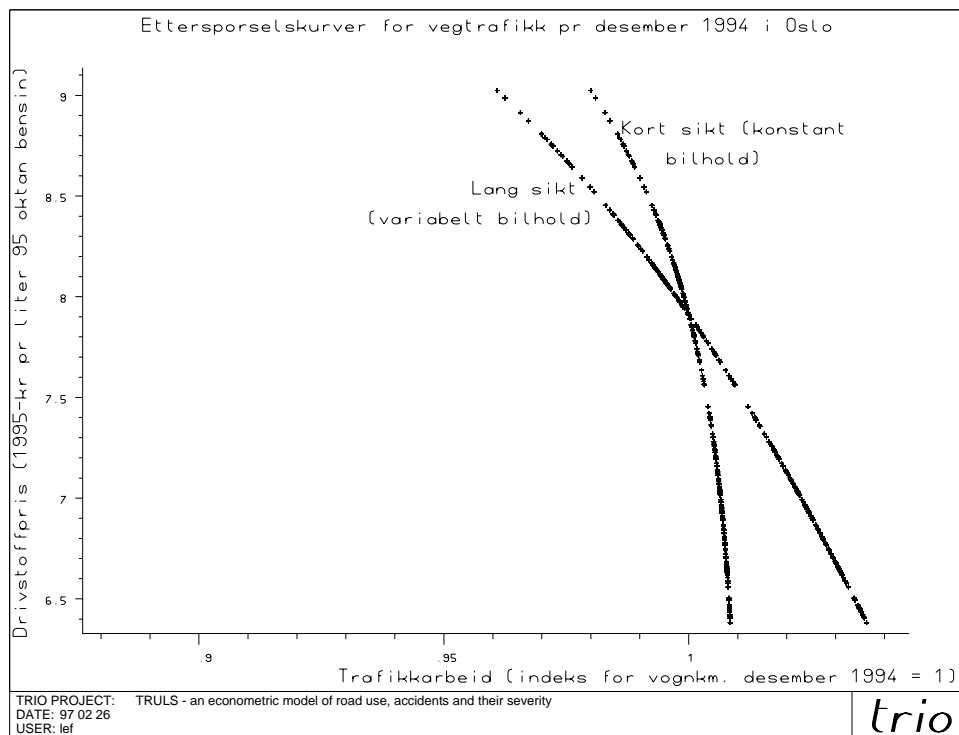
⁶ Drivstoffprisene er her *representert* ved bensinprisen. Forutsetningen er imidlertid at alle drivstoffpriser endrer seg i samme forhold (dvs både bensin og diesel).

⁷ Den horisontale akse viser tid, regnet i måneder fra utgangen av 1972. Figuren viser i prinsippet én streng av punkter for hvert fylke, dvs 19 punkter for hver måned. Det gjennomsnittlige drivstofforbruket kan variere noe mellom fylkene fordi kjøretøyparkens sammensetning (etter størrelse og alder) varierer.

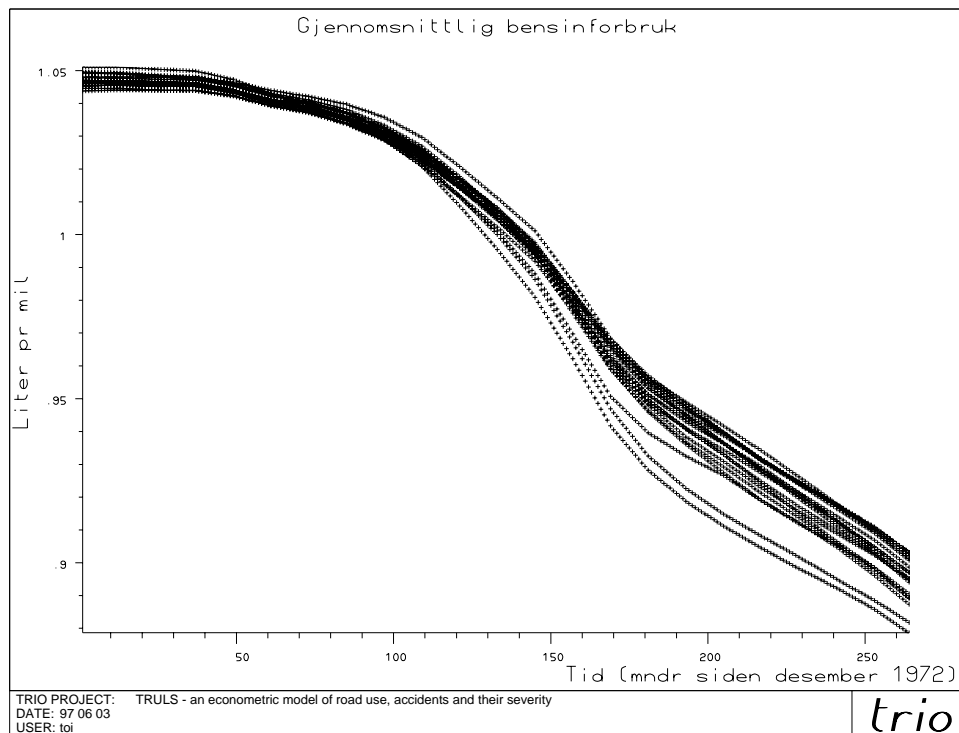
⁸ Med "generalisert reisekostnad" mener vi summen av alle oppofrelser den reisende påtar seg, herunder også tidsbruk, reisebehag og ulykkesrisiko, i tillegg til drivstofforbruk, kjøretøyslitasje, bompenger og andre kontantutlegg.



Figur 4.3: Etterspørselskurver for vegtrafikk pr januar 1974.



Figur 4.4: Etterspørselskurver for vegtrafikk pr desember 1994.



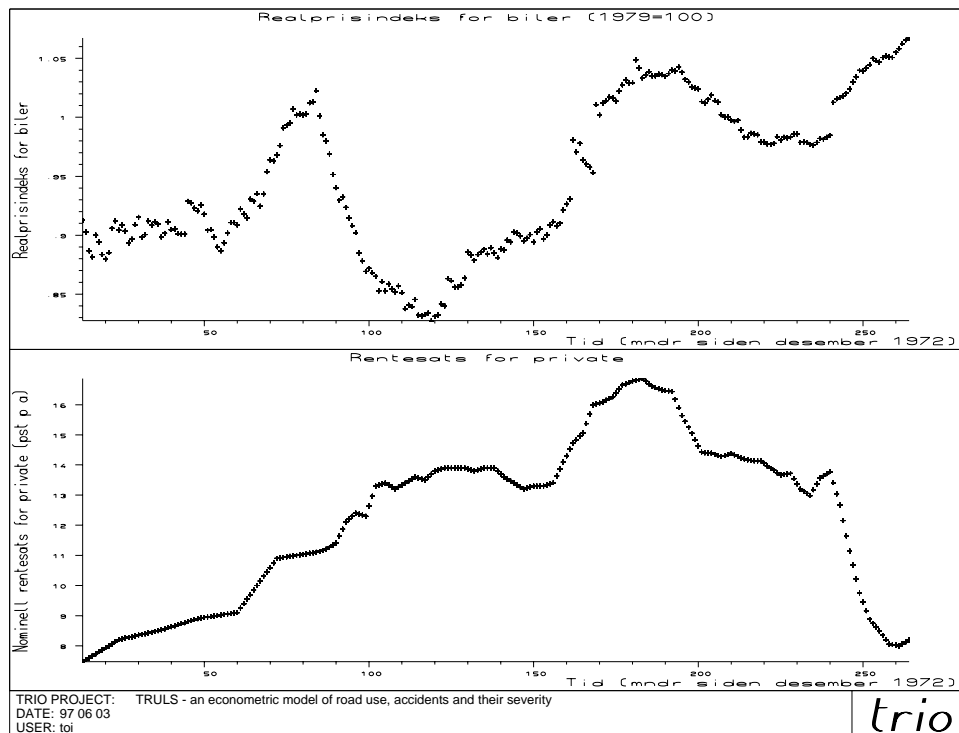
Figur 4.5: Utvikling i kjøretøyparkens gjennomsnittlige bensinforbruk. 19 fylker 1973-94.

Vegtrafikkmengden øker omtrent proporsjonalt med bilholdet. En én prosents vekst i bilparken fører, i henhold til TRULS, til en ca 0,94 prosents vekst i trafikkarbeidet. Det er med andre ord en meget nær sammenheng mellom bilhold og bilbruk i makro. Dette forhold kan ha en viss relevans til debatten om hvorvidt en bør beskatte eie eller bruk av bil. Kjøpsavgifter har nesten like stor betydning for bilbruk som for bilhold. Bruksavgifter har omtrent like stor betydning for bilholdet som for utkjørt distanse pr bil. I praksis spiller det med andre ord ikke så stor rolle hvor avgiftene legges.

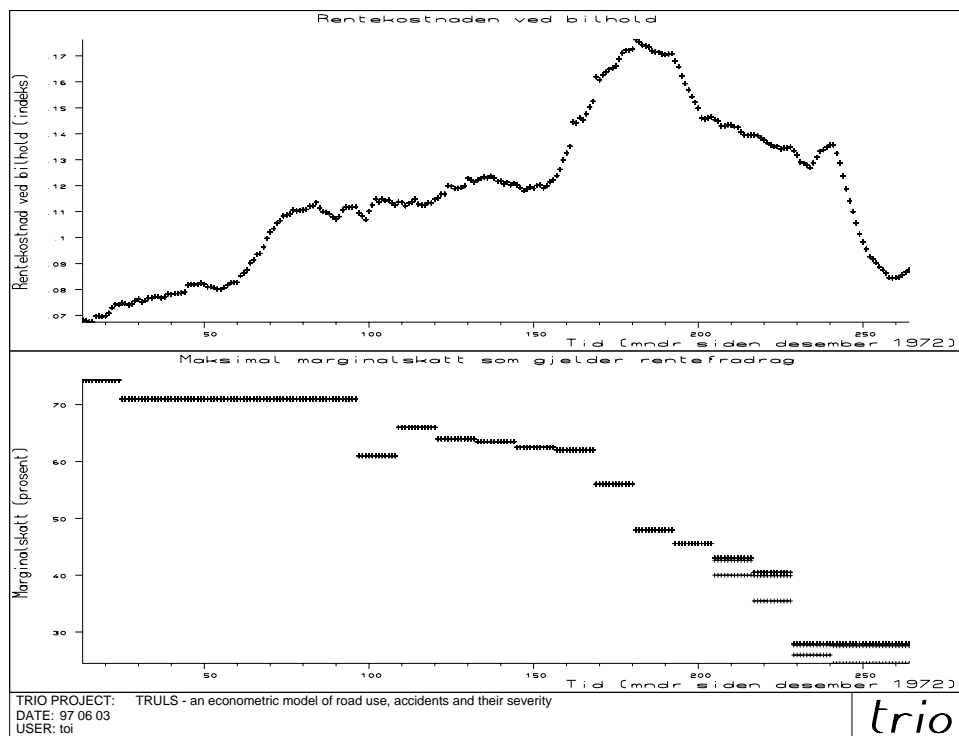
4.4 Kapitalkostnader

En svært viktig prisvariabel i sammenheng med vegtrafikken er kapitalkostnaden ved bilhold. I modellen TRULS er denne kapitalkostnaden beregnet som nominell utlånsrente for private låntakere multiplisert med realprisen på nye biler i henhold til Statistisk sentralbyrås konsumprisindeks, det hele fratrukket skattefordelen av rentefradraget. Tidsutviklingen i disse tre komponentene er vist i figur 4.6 og 4.7⁹.

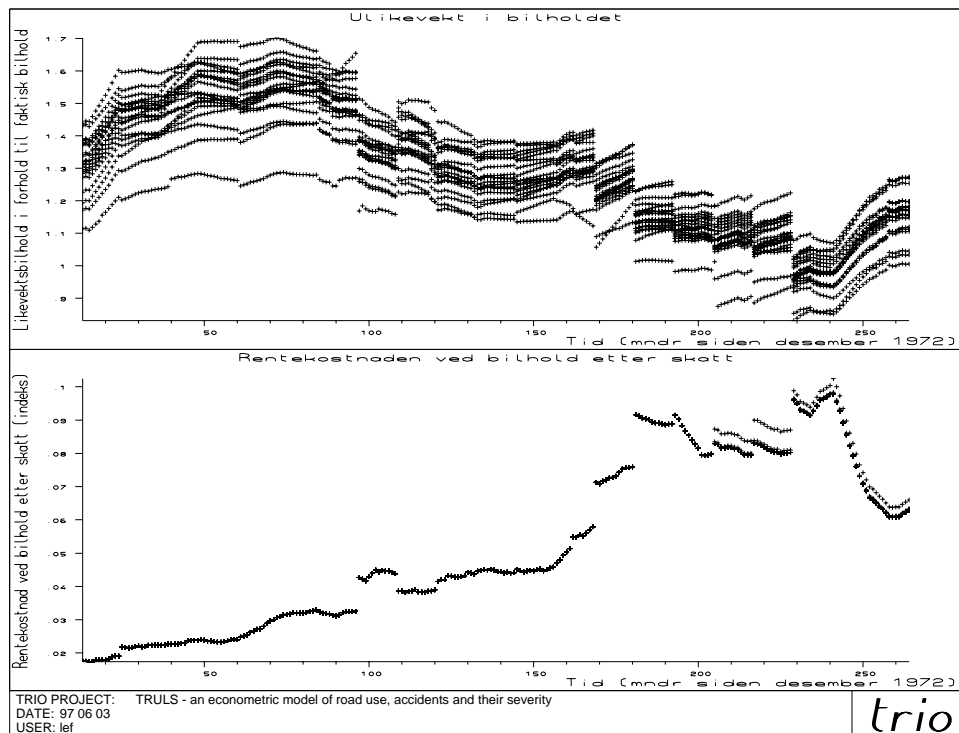
⁹ Øverste del av figur 4.7 er beregnet som produktet av de to faktorene i figur 4.6. På tilsvarende måte er nederste del av figur 4.8 definert ved de to faktorene i figur 4.7 (én minus skattesatsen, ganger kostnaden før skatt).



Figur 4.6: Utvikling i bilpriser (øverst) og rentesatser (nederst) 1974-94.



Figur 4.7: Utvikling i rentekostnaden ved bilhold før skatt (øverst) og i høyeste marginalskatt på renter (nederst) 1974-94.



Figur 4.8: Ulikevekt i bilparkens størrelse (likevektsbestand i forhold til faktisk bilbestand, øverst) og i rentekostnaden ved bilhold etter skatt (nederst) i 19 fylker 1974-94.

Realprisen på biler har i perioden 1974-94 variert mellom 0,85 og 1,05, regnet i forhold til nivået i 1979 (figur 4.6, øvre del). Variasjonene i denne prisen har med andre ord vært relativt moderate – høyeste nivå er bare drøyt 20 prosent høyere enn det laveste. Annerledes stiller det seg med (det nominelle) rentenivået, som har variert mellom 8 og 17 prosent i perioden, med andre ord med over 100 prosent regnet i forhold til laveste nivå i løpet 1974-94 (figur 4.6, nedre del). Enda større variasjonsbredde ville framkomme om vi oppdaterte tidsserien til 1997.

Variasjonene i kapitalkostnaden ved bilhold før skatt (figur 4.7, øvre del) er således fullstendig dominert av renteendringene.

I tillegg har det i perioden 1974-94 funnet sted en betydelig variasjon - først og fremst reduksjon - i skattefordelen av rentefradraget, fra over 70 prosent (på høyeste marginalsattensnivå) tidlig på 1970-tallet, til 28 prosent fra 1991 (figur 4.7, nedre del)¹⁰.

¹⁰ Den horisontale aksen viser tid, regnet i måneder fra utgangen av 1972. Figuren viser i prinsippet én streng av punkter for hvert fylke, dvs 19 punkter for hver måned. For skattesatsenes del er verdiene for alle fylker stort sett sammenfallende, bortsett fra at Nord-Troms og Finnmark siden 1990 har nytt godt av noe reduserte satser, som gir seg utslag i noe høyere rentekostnader etter skatt.

Alt i alt førte dette til en kraftig økning i kapitalkostnaden etter skatt fram mot 1992, før kostnaden raskt begynte å falle (figur 4.8, nedre del). Faktisk var denne kostnaden på det høyeste over fem ganger så høy som ved starten av vår observasjonsperiode (1973-74).

Modellen viser at likevektsnivået gjennom nesten hele perioden 1974-94 har vært høyere enn den faktiske bilbestand, til dels betydelig høyere, slik at husholdningene har ønsket å øke sitt bilhold (figur 4.8, øvre del¹¹). Men fra 1987-88, da rentekostnaden etter skatt steg til et hittil ukjent nivå, sank etterspørselen etter biler kraftig, og vrakingen var i flere år større enn eller på størrelse med nybilkjøpet. Først i 1993 var personbilparken kommet opp i samme størrelse som i 1987 (Opplysningsrådet for veitrafikken 1995).

I perioden 1993-97 har rentekostnaden sunket ytterligere og nybilkjøpet tatt seg godt opp igjen. Likevektsbestanden har trolig vært betydelig større enn det faktiske bilhold, særlig etter at den forhøyede vrakpanten i 1996 førte til uvanlig mange utraninger.

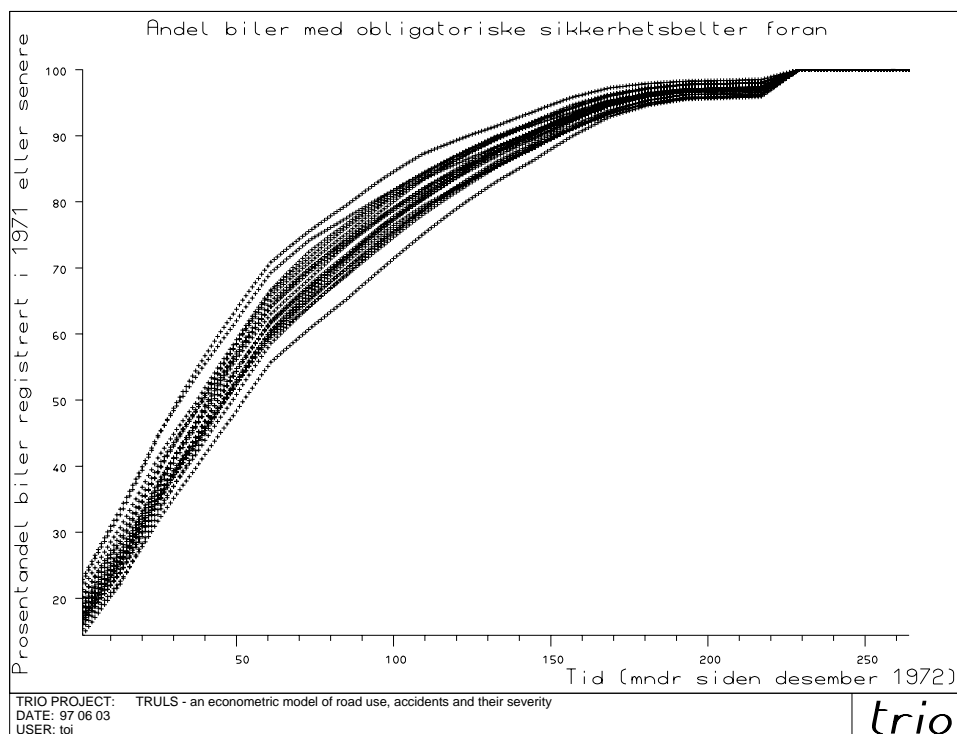
Dersom rentenivået fra høsten 1998 blir liggende på et varig høyere nivå, må en forvente at forholdet mellom likevektsbestand og faktisk bilhold blir snudd, eller iallfall at gapet blir sterkt redusert. Dette kan ventes å gi en markant reduksjon i nybilsalget på noen måneders sikt. På noe lengre sikt vil en ventelig også se en viss avdemping av trafikkveksten.

¹¹ Diagrammet viser sprang i likevektsbestanden ved hvert årsskifte. Dette skyldes at skatte- og avgiftssatsene i alminnelighet gjelder for hele kalenderår og således endrer seg i sprang fra desember til januar.

5. Bilbeltebruk

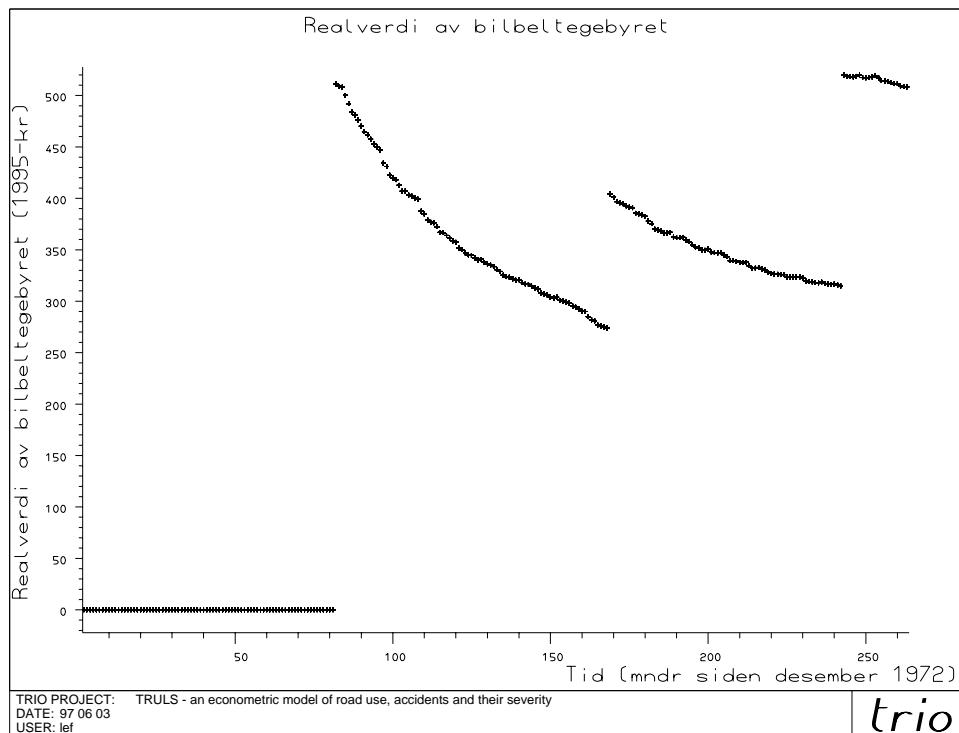
Det kanskje mest effektive trafikksikkerhetstiltak som har vært gjennomført de siste 20-30 år, er bilbelte - eller, mer presist, de lovregler og bestemmelser som har vært gjennomført for å stimulere til bilbeltebruk.

De viktigste slike bestemmelser er følgende. Fra 1.1.1971 skulle alle nye biler ha bilbelter montert i forsetene. Etter hvert som bilparken er blitt utskiftet har dette medført at en stadig større del av bilene er utstyrt med belte (figur 5.1)¹².



Figur 5.1: Andel personbiler i de enkelte fylker med obligatoriske sikkerhetsbelter i forsetene. 1973-94.

¹² Andelen biler med belte kan variere noe mellom fylkene fordi utskiftingstakten varierer. Fra 1992 har vi ikke opplysninger om hvor stor del av bilene som er registrert før 1971, da vår datakilde ikke holder regnskap med bilenes alder i mer enn 20 år. Fra 1992 er 100 prosent av bilene derfor forutsatt å ha bilbelte installert.

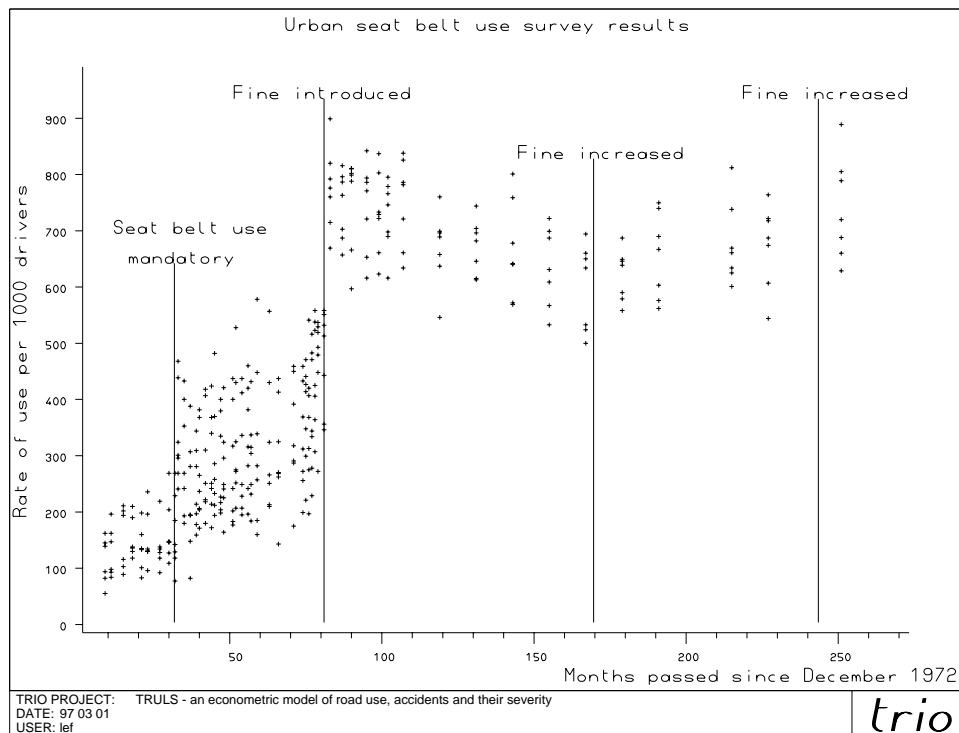


Figur 5.2: Realverdi av bilbeltegebyret 1973-94.

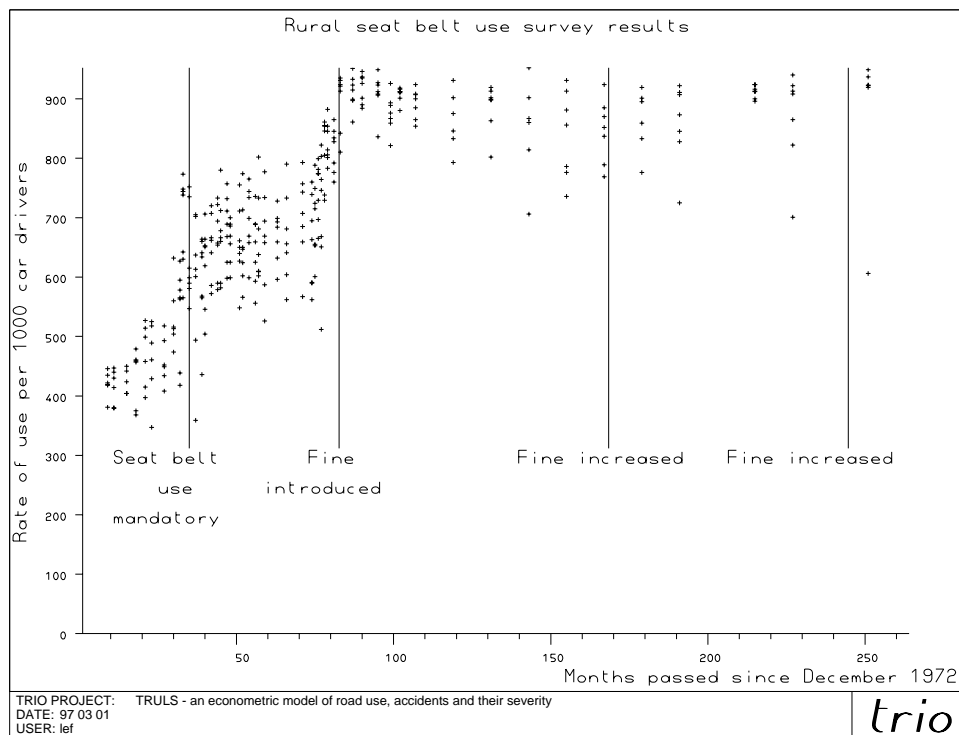
Fra 1.9.1975 har bilbeltebruk vært påbudt for alle bilførere og forsetepassasjerer over 15 år i biler der belter er montert. I oktober 1979 ble det innført et gebyr på kr 200 for å trosse bilbeltepåbudet. Gebyret økte til kr 300 i januar 1987 og til kr 500 i mars 1993. Inflasjonen har imidlertid ført til at realverdien av gebyret ikke er høyere i dag enn ved innføringen i 1979 (figur 5.2). Fra 1979 til 1987 ble realverdien nesten halvert.

I figur 5.3 og 5.4 vises tellingsresultat for bilbeltebruk i henholdsvis tettbygd og spredtbygd strøk. Bilbeltebruken økte kraftig da påbudet kom, og enda kraftigere da gebyret ble innført. Bruken er betydelig høyere i spredtbygd enn i tettbygd strøk.

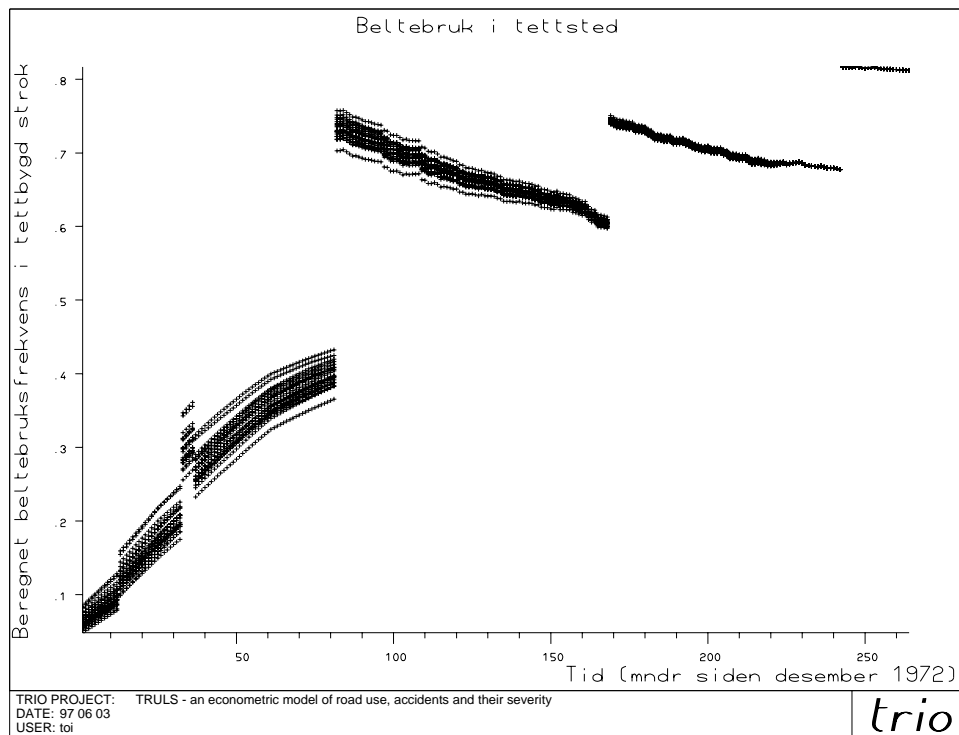
Bilbeltetellinger ble gjort forholdsvis hyppig på 70-tallet, men kun årlig fra 1981 (Fosser 1995). Tellingene er blitt gjennomført på fjorten faste tellepunkt i åtte ulike fylker - Oslo (kun i tettbygd strøk), Akershus (kun i spredtbygd strøk), Hedmark, Vestfold, Vest-Agder, Hordaland, Sør-Trøndelag og Troms.



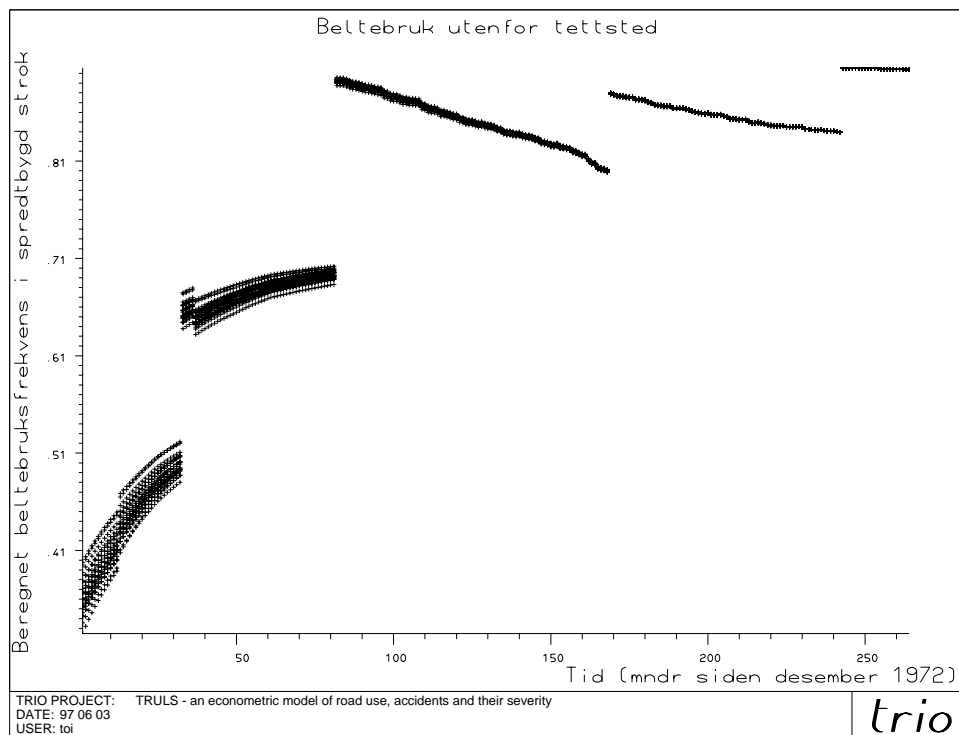
Figur 5.3: Tellingsresultat for bilføreres beltebruk i tettbygd strøk.



Figur 5.4: Tellingsresultat for bilføreres beltebruk i spredtbygd strøk.



Figur 5.5: Beregnet beltebruk i tettbygd strøk. 19 fylker 1973-94.



Figur 5.6: Beregnet beltebruk i spredbygd strøk. 19 fylker 1973-94.

Tellingsresultatene (punktsvermene i figur 5.3 er 5.4) er påvirket av utvalgsfeil. Dette er en hovedgrunn til at resultatene for de ulike tellepunkt og tidspunkt spriker såvidt mye. For å fjerne en størst mulig del av utvalgsfeilen, utnytte all informasjon inneholdt i samtlige tellinger, samt anslå effektene av de ulike beltebrukstimulerende tiltak, har vi estimert sannsynlighetsmodeller¹³ for beltebruk i henholdsvis spredtbygd og tettbygd strøk. Følgende forklaringsfaktorer inngår: andel biler med sikkerhetsbelter (påbudt) installert (figur 5.1), bilbeltepåbud, innføring av bilbeltegebyr (dummy), realverdi av bilbeltegebyret (figur 5.2), samt en nullen-variabel (dummy) for publisiteten omkring bilbeltebruk i tiden rundt innføring av påbud (1974-75).

Modellene beregner anslag for bilbeltebruk i førerbefolkningen som vist i figur 5.5 og 5.6. Som det framgår ved sammenlikning med figur 5.3 og 5.4, blir de tilfeldige variasjoner på grunn av utvalgsfeil glattet ut i modellene.

Realverdien av bilbeltegebyret har stor betydning for beltebruken, særlig i tettbygd strøk. Beltebruken kan ha variert noe mellom fylkene, særlig på 70-tallet, på grunn av ulik utskiftingstakt for bilparken.

¹³ Modellene er logit-modeller, dvs at logaritmen til oddsen (beltebrukere/ikke-beltebrukere) betraktes som en (generalisert) lineær funksjon av de uavhengige variable.

6. Direkte og indirekte ulykkeseffekter

I dette kapitlet vil vi redegjøre for hvordan de ulike uavhengige variable i modellen TRULS påvirker trafikkulykkestallene. Denne påvirkningen kan være *direkte* eller *indirekte*.

Med direkte påvirkning tenker vi på forhold som har betydning for *risikoen*, dvs for det gjennomsnittlige ulykkestall regnet pr enhet eksponering. Disse virkningene framkommer når vi estimerer likninger for antall ulykker, antall ulykkesofre og gjennomsnittlig skadegrad.

Indirekte virkninger er slike som har betydning for selve *eksponeringen* (trafikkmengden) og derigjennom for ulykkestallene.

6.1 Eksponering

Den viktigste og mest grunnleggende enkeltårsak til trafikkulykkene er trafikken.

Det er imidlertid ikke åpenbart hvordan sammenhengen mellom eksponering og ulykkestall ser ut. Newbery (1988) tar utgangspunkt i et resonnement om at antall flerpartsulykker må forventes å stige i takt med tallet på mulige konfliktsituasjoner mellom to parter, og således vil være proporsjonalt med kvadratet av antall trafikanter eller trafikantkilometre. Eneulykkene, derimot, burde ikke stige mer enn proporsjonalt med trafikkmengden. Ifølge dette resonnementet skulle en forvente at ulykkestallet var en potensfunksjon av trafikkmengden, med eksponent mellom 1 og 2, bestemt av forholdet mellom flerparts- og eneulykker.

At tallet på teoretisk *mulige* konfliktsituasjoner skal være styrende for ulykkestallet, slik at dette stiger mer enn proporsjonalt med trafikkmengden, kan synes realistisk som beskrivelse av bilismens aller tidligste fase, da det var en sjeldenhet å møte andre biler på vegen og infrastrukturen var svært primitiv. I et moderne trafikksystem synes det minst like nærliggende å tenke seg en *underproporsjonal* sammenheng, idet økende trafikk tetthet kan virke disiplinerende på bilistene og blant annet tvinge farten ned. I det ekstreme tilfellet av trafikk tetthet, der alle biler står stille eller køen går i gangfart, skjer det svært få personskadeulykker, og den marginale bilist bidrar kanskje til å redusere ulykkestallet snarere enn til å øke det.

Formen på sammenhengen mellom trafikkmengde og ulykkestall lar seg med andre ord ikke avlede teoretisk, men må anslås empirisk.

Trafikken - eller eksponeringen - er dessuten ikke én variabel, men flere. I modellen TRULS skiller vi mellom ulike trafikkarter, eller typer av eksponering, og beregner - med visse forbehold - bidraget fra hver trafikkart til det samlede ulykkestall og til antall tilskadekomne bilister, motorsyklister, syklistene og fotgjengere, henholdsvis.

Forbeholdene knytter seg først og fremst til måling av eksponeringsmengdene. For *samlet vegtrafikkarbeid* (vognkm) har vi - som nevnt i kapittel 3 - beregnet nokså pålitelige tall, basert på en omfattende økonometrisk analyse av sammenhengen mellom trafikktellinger, drivstoffsalg, drivstoffprisvariasjoner, kjøretøyparkens sammensetning, meteorologiske forhold og kalendereffekter (spesielt påsketrafikken). Hovedkilden til informasjon om trafikkarbeidet er med andre ord bensin- og dieselsalgsstatistikken, korrigert for endringer i vær og føre og i bilparkens energieffektivitet, samt for hamstrings- og andre lagerendringsevirkninger av drivstoffprisendringer og bevegelige helligdager.

Samme økonometriske analyse gir også tall for antall vognkilometer med tunge biler, definert som alle godsbiler med mer enn ett tonns nyttelast og alle busser med minst 20 passasjerplasser. Basert på disse anslagene beregner vi *andelen tunge biler* av det samlede trafikkarbeidet pr fylke og måned.

Motorsykeeksponeringen er i modellen representert ved en stedfortredende variabel ("proxy") definert som en funksjon¹⁴ av antall varme dager multiplisert med antall moped og motorsykler i forhold til andre lette kjøretøy registrert i fylket.

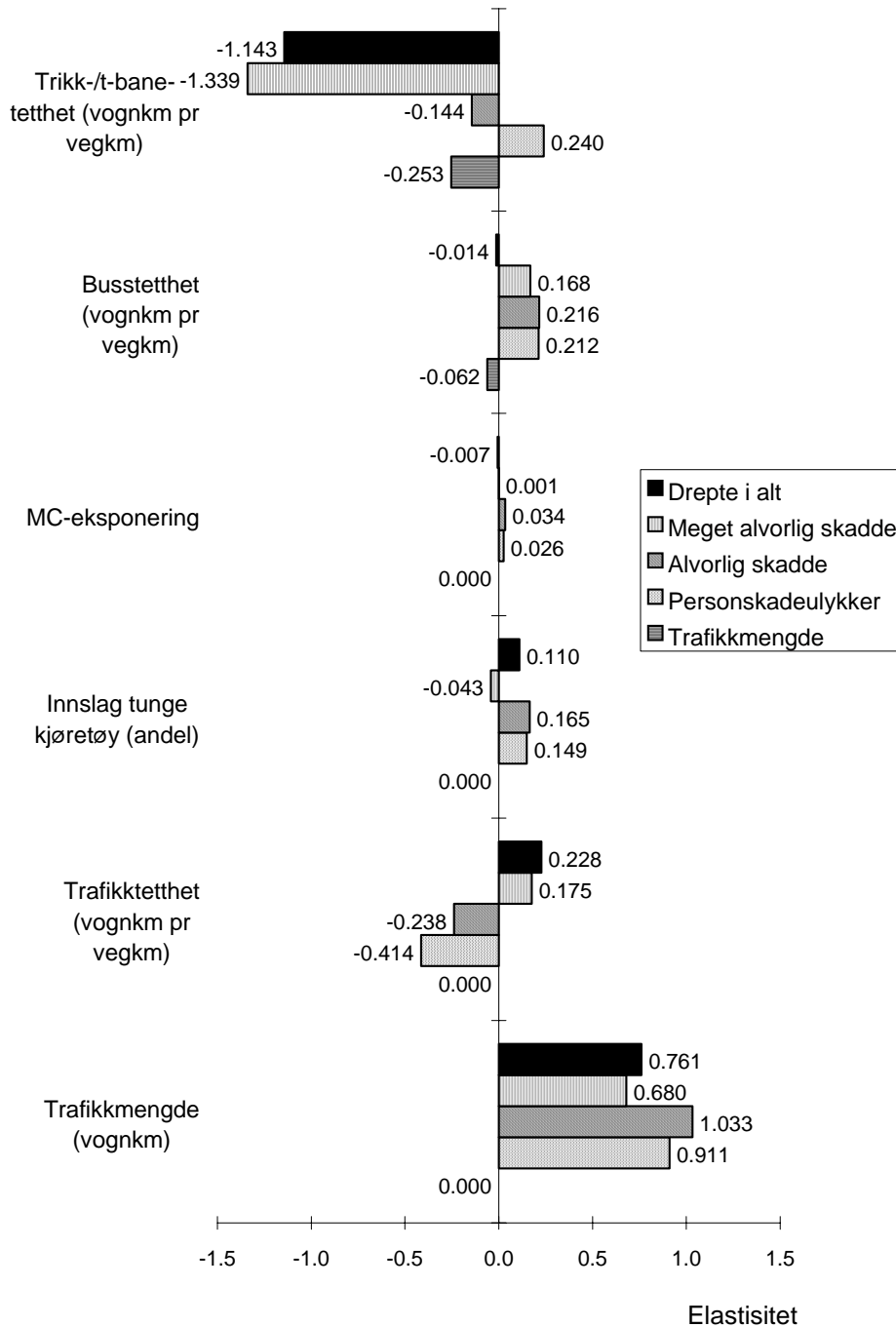
Kollektivtrafikken er representert ved *busstetthet*, definert som årlige rutebusskilometer pr kilometer offentlig veg (i fylket), og *trikk-/t-banetetthet*, definert som utkjørte vognkilometer pr kilometer offentlig veg.

For *syklist- og fotgjengertrafikken* eksisterer det ingen statistikk med den grad av detaljering som er nødvendig for modellen TRULS. Disse eksponeringsartene fanges imidlertid i stor grad opp av eksponeringsmålene for kollektivtrafikk, som i betydelig grad genererer fotgjenger- og syklisttrafikk i form av tilbringerreiser, av motorsykeeksponeringsmålet, som trolig er sterkt korrelert med sykkeltrafikken, og av de alminnelige værvariable (regn- og snøfall, frost), som også vil være sterkt korrelert med syklisteksponering, og i noe mindre grad med fotgjengereksponeering.

Hovedvirkningene knyttet til eksponering er vist i figur 6.1.

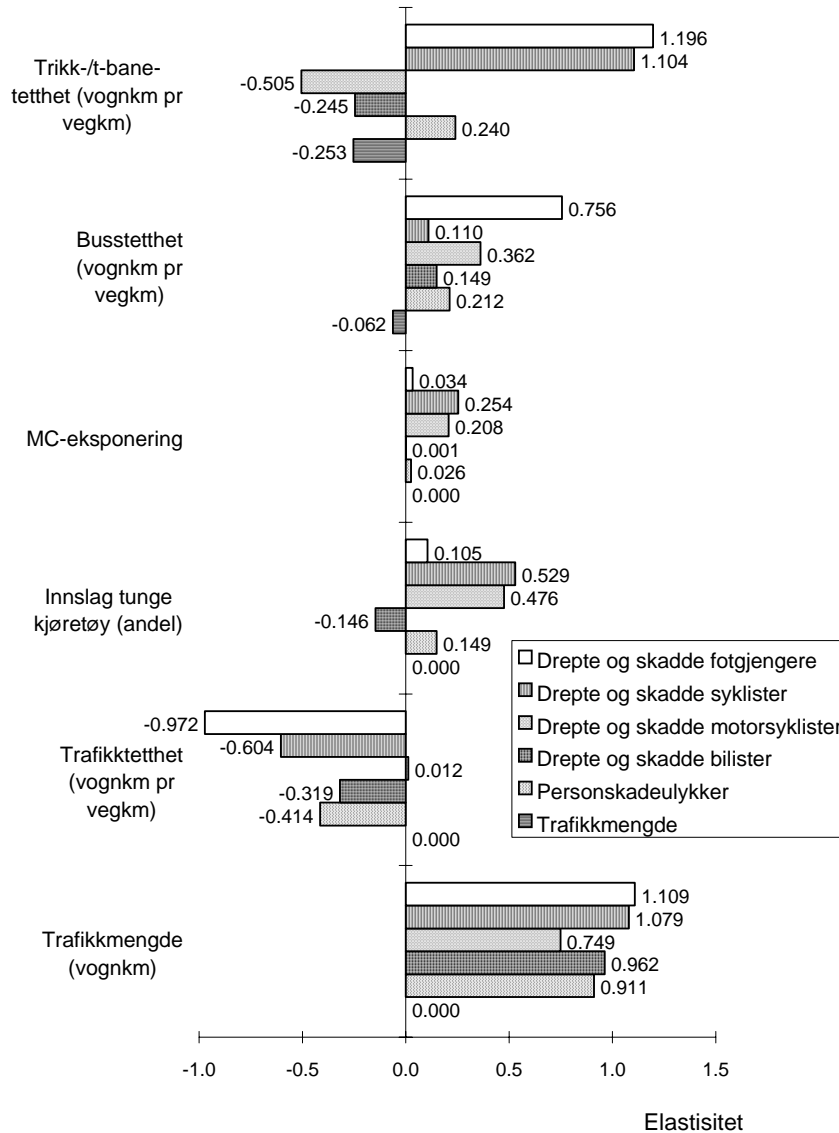
Figuren leses best nedenfra og opp. Nederste gruppe med stolper viser den alminnelige sammenheng mellom trafikkarbeid og forventede ulykkestall (personskadeulykker, alvorlig skadde, drepte, henholdsvis), gitt at trafikktettheten er uendret, dvs under den hypotetiske forutsetningen at vegnettets lengde utvides i takt med trafikkveksten, slik at den gjennomsnittlige MDT (månedsdøgnstrafikk) på fylkets vegnett er konstant. På disse vilkår kan elastisiteten av personskadeulykker med hensyn på vognkilometertallet anslås til 0,911, dvs at ulykkestallet stiger med 0,911 prosent for hver prosents vekst i trafikkarbeidet. For antall drepte eller alvorlig skadde er den tilsvarende elastisiteten anslått til 0,761.

¹⁴ Funksjonen er en potensfunksjon med eksponent -0.23. Denne funksjonen gir best forklaringskraft for antall skadde og drepte motorsyklister. "Varme dager" er definert som dager med maksimumstemperatur over 10 °C i løpet av måneden i vedkommende fylke.



Figur 6.1: Eksponeringseffekter etter skadegrad. Elastisiteter pr 1994.

Økt trafikktetthet ser imidlertid ut til å virke ulykkesdempende, iallfall for summen av alle personskadeulykker. For hver prosent vekst i gjennomsnittlig trafikktetthet (MDT) synker tallet på personskadeulykker med anslagsvis 0,414 prosent.



Figur 6.2: Eksponeringseffekter etter trafikantgruppe. Elastisiteter pr 1994.

Effekten av en trafikkøkning som finner sted på et uforandret vegnett kan derfor anslås til $0,911 - 0,414 = 0,497$, dvs at en én prosents trafikkvekst leder til omtrent 0,5 prosent flere personskadeulykker.

En nærliggende tolkning av disse tallene er at hastigheten presses ned når trafikken tetner til, og at dette fører til færre ulykker pr vognkm, eller iallfall til færre uhell med så alvorlig utfall at de blir registrert som personskadetilfeller. Denne forklaringen svekkes imidlertid av at ingen tilsvarende effekt kan spores for dødsulykkesnes del. Her er trafikk tetthetseffekten positiv (dvs ulykkesøkende).

Muligens er underrapportering derfor en sterkt medvirkende årsak til at modellen gir dette resultatet. Dersom rapporteringsgraden er negativt korrelert med trafikk tettheten¹⁵, vil dette kunne forklare den negative elastisiteten for personskadeulykker med hensyn på trafikk tetthet. For dødsulykkesnes del er rapporteringsgraden praktisk talt 100 prosent, muligens enda høyere, i den grad enkelte selvmord blir registrert som ulykker.

I figur 6.2 vises hvordan ulike eksponeringsarter påvirker skadetallene blant de enkelte hovedgrupper av trafikanter. Som en ser er tallet på tilskadekomne fotgjengere og syklister praktisk talt proporsjonalt med vognkilometertallet, så lenge vegnettet utvides i samme takt. Men fotgjengerrisikoen går sterkt ned i tettere trafikk (elastisitet $1,109 - 0,972 = 0,137$ ved uendret vegnett).

Ulykkeshyppigheten øker med innslaget av tunge kjøretøy. For hver prosents vekst i de tunge bilenes trafikkandel stiger personskadeulykkene med anslagsvis 0,15 prosent (figur 6.1), mens antall skadde og drepte bilister går omtrent like mye *ned* (figur 6.2). Disse tilsynelatende motstridende tallene gjenspeiler trolig det forhold at førere og passasjerer i tunge biler selv svært ofte kommer uskadd fra uhellet, mens det ved sammenstøt mellom to lette biler oftere vil være personskade hos begge parter.

Som det framgår av figur 6.2, er det særlig tohjulinger og fotgjengere som rammes av høyere ulykkestall når tungtrafikkinnslaget øker.

Vår “proxy” for motorsykkleksponering har en liten, men statistisk signifikant effekt på ulykkestallene (figur 6.1). Som ventet er det særlig motorsykel- og sykkelulykkene som øker (figur 6.2).

En én prosents økning i busstettheten øker personskadeulykkene med anslagsvis 0,212 prosent. Denne elastisiteten er imidlertid en sum av en direkte og en indirekte effekt. Økt busstetthet bidrar til å begrense biltrafikken (elastisitet minus 0,062, figur 6.1) og dermed også - indirekte - til å *redusere* ulykkestallene. Samtidig fører den økte eksponering blant busspassasjerer, fotgjengere og syklister til økt ulykkeshyppighet for en gitt mengde biltrafikk. Særlig fotgjengerulykkene blir flere (figur 6.2). Nettoeffekten av økt busstilbud er derfor klart ulykkesøkende.

¹⁵ Litteraturen gir intet klart svar på hvorvidt denne forutsetningen er oppfylt. Nedland og Lie (1986) refererer en svensk undersøkelse som tyder på *høyere* rapporteringsgrad i spredtbygd enn i tettbygd strøk, unntatt for motorsykelulykker. Borger m fl (1995, vedlegg 5.2) indikerer imidlertid klart *lavere* rapporteringsgrad i spredtbygd strøk, vel å merke når eneulykker på sykkel holdes utenom. Trafikk tettheten er gjennomgående høyere i fylker med stor andel trafikk i tettbygd strøk.

Sporveis- og t-banetilbudet har liknende, og enda tydeligere, virkninger. Dette tilbudet gjelder så å si bare Oslo¹⁶.

Såvel buss- som sporveistettheten har, når en summerer direkte og indirekte virkninger, klart negativ (ulykkesreducerende) effekt på antall dødsofre.

6.2 Priser

I figur 6.3 og 6.4 vises hvordan bilhold, trafikkvolum, ulykker og skadetall påvirkes av enkelte viktige prislefaktorer, i henhold til TRULS.

6.2.1 Renter og skatt

En én prosent økning i rentekostnaden ved bilhold (før skatt) ville, pr 1994, på lang sikt ha redusert bilparkens størrelse med anslagsvis 0,39 prosent. Dette gjelder imidlertid kun under den hypotetiske antakelse at skattefradraget for renteutgifter samtidig ble avskaffet.

Skattefradraget på grunn av renter bidrar til å gjøre det private bilholdet mindre kostbart enn det ellers ville ha vært, og dermed til å øke husholdningenes biletterspørsel. Elastisiteten av bilholdet med hensyn på skattefradragssatsen er estimert til ca 0,17 pr 1994. Det innebærer at om skattefradragssatsen øker fra 28 til (f eks) 30,8 prosent, dvs med 10 prosent, så vil bilholdet på lang sikt øke med anslagsvis 1,7 prosent, under ellers like forhold. Vegtrafikken øker i omtrent samme grad.

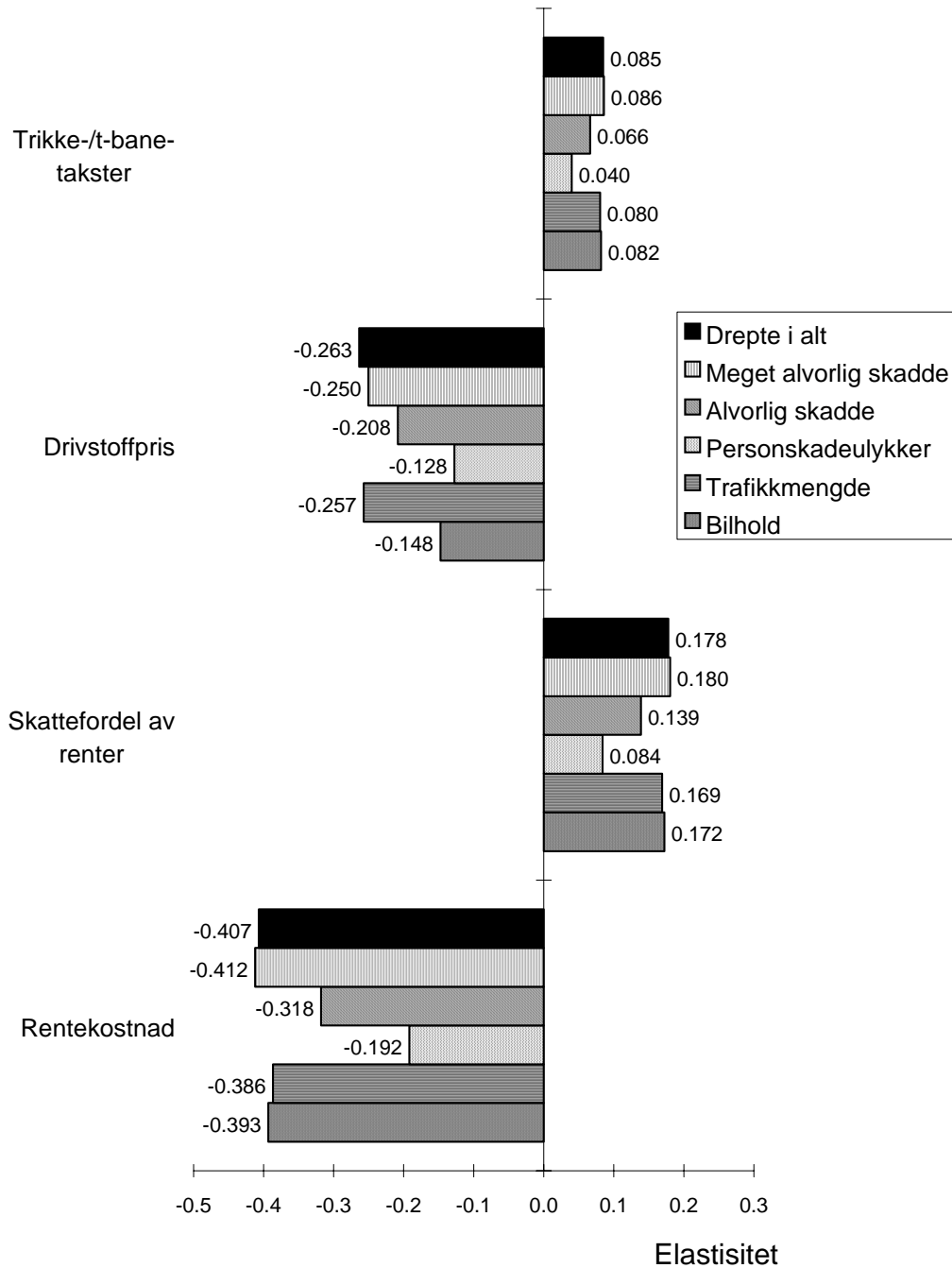
Dersom skattesystemet holdes uendret, vil effekten av rentekostnadsøkninger således bli delvis motvirket av en økt skattefordel, slik at netto økning i likevektsbilholdet kan beregnes til $-0,39 + 0,17 = -0,22$ prosent for hver proSENTS vekst i renteutgiften.

Trafikkvolumet ville endre seg i nesten samme forhold. Personskadeulykkene endrer seg mindre enn eksponeringen, nærmere bestemt med $-0,192 + 0,084 = -0,11$ prosent for hver proSENTS vekst i rentekostnaden ved bilhold.

Merk at vi her ikke snakker om prosentpoeng rentesats, men om prosent av renteutgiften regnet i kroner. En økning i rentesatsen fra 5 til 6 prosent representerer en 20 prosent økning i utgiften, noe som vil redusere likevektsbilholdet med anslagsvis $20 \cdot 0,22 = 4,4$ prosent, og personskadeulykkene med $20 \cdot 0,11 = 2,2$ prosent, hensyn tatt til skattefradraget.

Tilsvarende effekter gjelder dersom kapitalkostnaden ved bilhold stiger, ikke som følge av høyere renter, men som følge av høyere priser på biler. Rentenivået oppviser imidlertid betydelig større variasjon over tid enn nybilprisene. Det er i denne forstand en viktigere faktor for tilpasningen på samferdselsområdet.

¹⁶ Unntakene er trikken i Trondheim og Kolsåsbanen i Bærum.



Figur 6.3: Preiseffekter etter skadegrad. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

Ser en på de ulike trafikantgrupper (figur 6.4), går det fram at bilholdet har stor betydning for sykkel- og motorsykelulykkene, moderat betydning for antall skadde og drepte bilister, og null betydning for fotgjengerulykkene. Eksponeringen blant syklistene og motorsyklister ser ikke ut til å gå nevneverdig ned selv om bilholdet øker. Derimot ser det ut til at fotgjengereksponeringen synker i takt med økningen i biltilgjengelighet, faktisk så sterkt at dette akkurat oppveier den økte risikoen knyttet til trafikkveksten.

6.2.2 Drivstoffpriser

Bensin- og dieselpriene har, som vist i avsnitt 4.3, betydning for såvel bilhold som bilbruk. Pr 1994 er den langsiktige prisfølsomheten for trafikkarbeidet beregnet til minus 0,257. Mer enn halvparten (-0,148) av denne effekten skyldes endringer i (likevekts)bilholdet.

Tallet på dødsofre endrer seg omtrent proporsjonalt med trafikken, og tallet på personskadeulykker noe mindre enn dette (figur 6.3). Tallet på fotgjengerulykker er tilnærmet upåvirket av drivstoffprisene – den kan se ut som om den økte eksponeringen for bilister (ved lavere bensinpriser) blir omtrent motvirket av redusert fotgjengertrafikk. Syklistene og motorsyklister, derimot, ser ikke ut til å bli utkonkurrert av et billigere bilhold (figur 6.4).

6.2.3 Sporveistakster

Trikke-/t-banetakstene (hovedsakelig i Oslo) ser ut til å ha en viss, om enn beskjeden virkning på bilholdet, og dermed også på trafikkvolum og ulykker. Kollektivtrafikanter som overføres til bil, sykkel eller motorsykel innebærer lavere eksponering for fotgjengere, som dermed ikke får flere ulykker enn før.

Alt i alt er høyere sporveistakster forbundet med litt høyere ulykkestall (langsiktig elastisitet 0,01-0,08, varierende med trafikantgruppe).

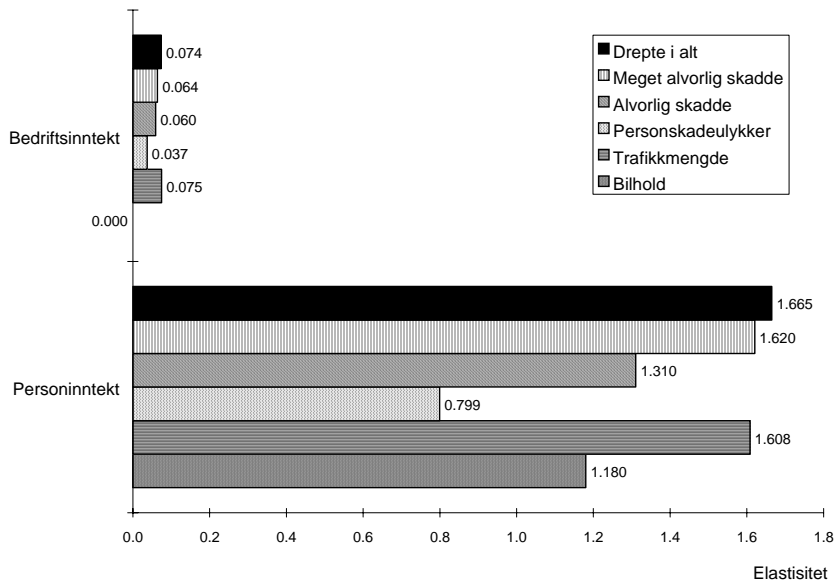
6.3 Inntekt

Inntektsfølsomhetsmål (Engelastisiteter) er vist i figur 6.5 og 6.6.

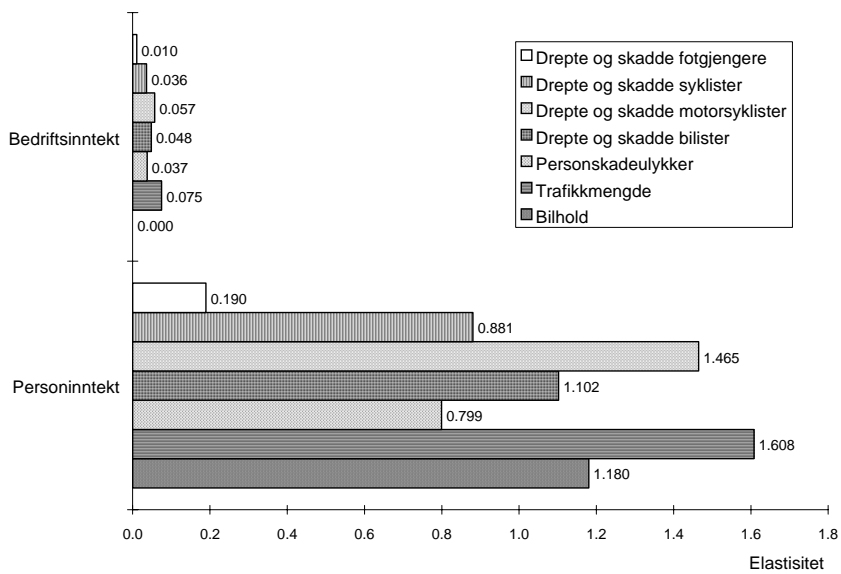
Ifølge våre anslag var, pr 1994, den langsiktige Engelastisiteten for bilhold snaut 1,2 og for vegtrafikkvolum ca 1,6. Det innebærer at den kortsiktige elastisiteten er drøyt 0,4 (= 1,6 - 1,2).

For hver prosents vekst i samlet personinntekt øker bilhold og bilbruk med andre ord med henholdsvis 1,2 og 1,6 prosent, regnet i det lange løp. Ulykkestallene stiger med inntil 1,6 prosent (figur 6.5). Fotgjengerulykkene øker – igjen – klart minst (figur 6.6).

Skattepliktig bedriftsinntekt (dvs overskudd) inngår også som forklaringsfaktor for trafikkvolumet i TRULS, men effekten er ytterst beskjeden.



Figur 6.5: Inntektseffekter etter skadegrad. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

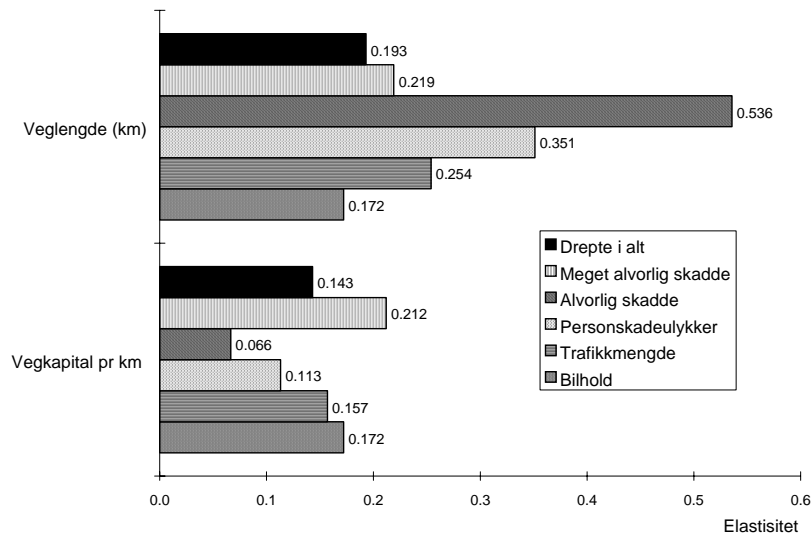


Figur 6.6: Inntektseffekter etter trafikantgruppe. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

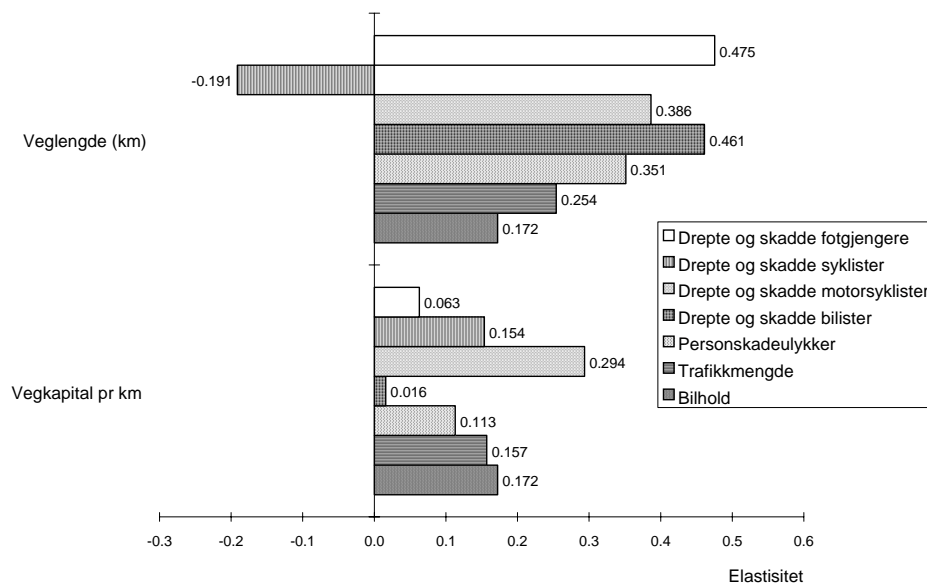
6.4 Vegnett

6.4.1 Veginvesteringer

Figur 6.7 og 6.8 viser de beregnede langsiktige virkninger av utvidelser og forbedringer i vegnettet.



Figur 6.7: Virkninger av vegutvidelser og -forbedringer, etter skadegrad. Langsiktige elastisiteter pr 1994.



Figur 6.8: Virkninger av vegutvidelser og -forbedringer, etter trafikantgruppe. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

Et utvidet vegnett (regnet i kilometer) bidrar i det lange løp til å gjøre bilbruk og bilhold mer attraktivt, gjennom forbedring av framkommeligheten. Vi har i modellen TRULS beregnet elastisiteten av bilhold med hensyn på vegnettets lengde til 0,17, dvs si at for hver prosents utvidelse av vegnettet stiger likevektsbilholdet med 0,17 prosent. Trafikkmengden (bilbruken) stiger på lang sikt med anslagsvis 0,25 prosent.

Når trafikken vokser, blir ulykkene også flere. Personskadeulykkene øker med anslagsvis 0,35 prosent for hver prosents utvidelse av vegnettet, altså noe mer enn proporsjonalt med trafikken. Dette må trolig forstås slik at forbedringen i framkommelighet bidrar til høyere hastighet og dermed til at flere ulykker ender med personskade.

Største delen av økningen i ulykestallet skyldes at flere veger stimulerer til økt bilbruk. Den beregnede økningen i risiko pr vognkilometer er beskjeden.

Vegnettets lengde kan oppfattes som et mål på vegtilbudets *kvantitet*. Som mål på *kvalitet* bruker vi *akkumulerte realinvesteringer pr km riks- eller fylkesveg siden 1965*, forsinket to år¹⁷. Disse tallene er i sin tur beregnet på grunnlag av Vegvesenets driftsstatistikk. Depresiering (avskrivninger, verdiforringelse) er ikke fratrukket. Det innebærer implisitt at det løpende vegvedlikeholdet antas akkurat tilstrekkelig til å opprettholde verdien av den investerte kapital. Enhver investering representerer dermed en tilsvarende økning i vegkapitalen¹⁸.

Også vegkvaliteten, målt på denne måten, viser seg å ha betydning for bilholdet og dermed for bilbruk og ulykker. For bilholdet finner vi en langsiktig elastisitet på 0,17, for bilbruken en elastisitet på 0,16, og for personskadeulykkene en effekt på 0,11. Ulykkene øker med andre ord mindre enn trafikken, dvs at risikoen gjennomgående går noe ned.

Disse tallene sier lite om den eventuelle trafiksikkerhetseffekten av bestemte vegtekniske tiltak. De fleste veginvesteringer er motivert ut fra framkommelighetshensyn snarere enn sikkerhetsmål. I lys av dette er det ikke særlig overraskende at veginvesteringene i Norge i sin alminnelighet har hatt en trafikkgenere-

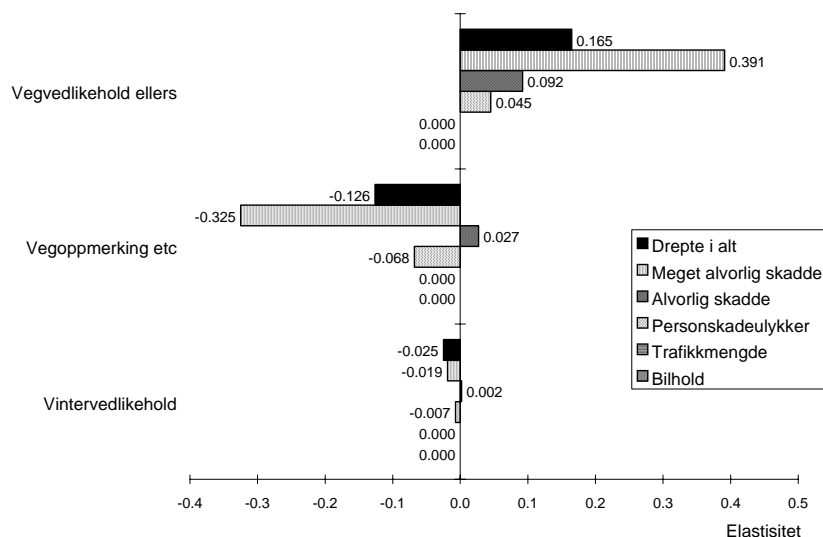
¹⁷ Det vil si at vi f eks, som mål på vegkvaliteten ved utgangen av 1994, regner sammen alle investeringer fram til desember 1992. Det er to grunner til at vi på denne måten forsinker observasjonene. For det første går det i gjennomsnitt en viss tid fra veginvesteringen skjer til vegen står ferdig til bruk for trafikantene. For det annet vil vi så langt råd er unngå feil som knytter seg til retningen på årsaks-virkningsforholdet. Kraftig trafikkvekst kan tenkes være en medvirkende årsak til vegforbedringene like gjerne som en følge av dem. Ved å relatere trafikkmengden til *tidligere foretatte* vegforbedringer søker vi å redusere denne tvetydigheten. Årsaker virker aldri tilbake i tid. Noen fullstendig løsning på dette problemet har vi likevel ikke nådd fram til, idet investeringene i fortid også kan tenkes å være påvirket av framtidige *forventninger* om trafikkvekst. Resultatene må derfor tolkes med forsiktighet.

¹⁸ Det kan selvsagt stilles mange spørsmålstejn ved dette målet på vegkvalitet. Den viktigste svakheten er trolig at vi ikke tar hensyn til ulikhetene i vegbyggingskostnadene mellom fylkene. En krone anvendt til vegutbygging gir ikke "like mye veg" mellom fjorder og fjell på Vestlandet som på flatbygdene på Østlandet. Heller ikke tar vi hensyn til at vegkapitalen kommer til nytte for flere, og således kan ha større framkommelighetseffekt, i tett befolkede områder enn i grisdreinte strøk. Aller helst burde vi hatt et alminnelig mål på framkommelighet sett fra trafikantenes synspunkt. Slike mål lar seg dessverre ikke konstruere.

ringeffekt som mer enn oppveier eventuelle sikkerhetsgevinster. Det kan av dette *ikke* slutes at vegtekniske sikkerhetstiltak som hovedregel er ineffektive. Mange vegtiltak, så som rundkjøringer, vegrekkverk og vegbelysning, har god sikkerhetseffekt. Visse framkommelighetstiltak, så som motorveger og omkjøringsveger, har dessuten klart positive bieffekter i form av lavere ulykkesrisiko (Elvik m fl 1997). Slike tiltak har imidlertid, i vår observasjonsperiode (1973-94), tilsynelatende ikke utgjort noen dominerende del av de samlede veginvesteringene.

6.4.2 Vegvedlikehold

For vegvedlikehold skiller vi i modellen TRULS mellom tre arter: *vintervedlikehold*, *vegoppmerking* og *øvrig vedlikehold*. For alle tre arter er omfanget målt i faste kroner pr km riks- eller fylkesveg. Datakilden er Vegvesenets driftsstatistikk.



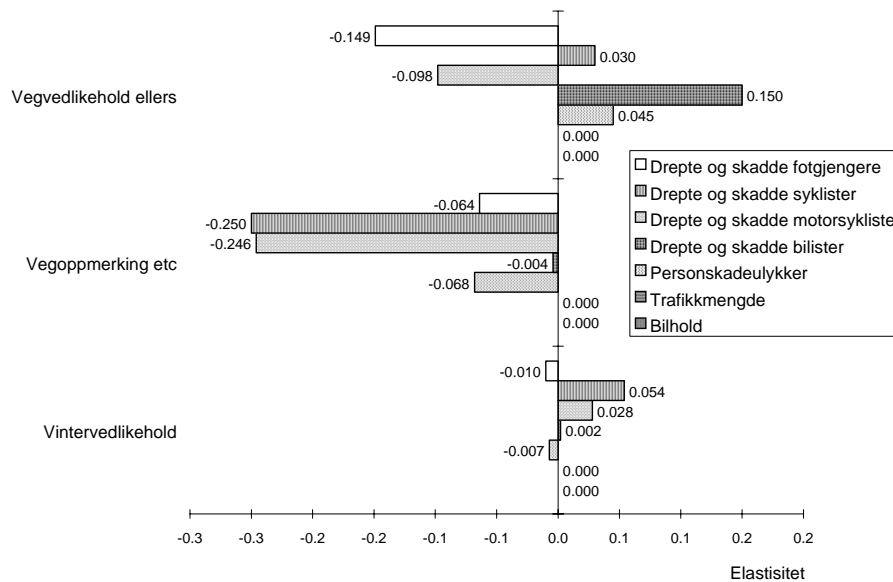
Figur 6.9: Virkninger av vegvedlikehold, etter skadegrad. Elastisiteter pr 1994.

For vintervedlikeholdets del er det i modellen dessuten tatt hensyn til “behovet” for slikt vedlikehold, ved at en regner vedlikeholdsutgiftene pr millimeter nedbør som snø i fylket i løpet av måneden.

Vintervedlikeholdet har imidlertid ikke statistisk påviselig effekt på personskadeulykkene (figur 6.9 og 6.10). Dette *kan* skyldes at vintervedlikeholdet i Norge stort sett er adekvat, slik at det blir lite variasjon i datamaterialet.

Vegoppmerking ser derimot ut til å ha en viss ulykkesreducerende effekt, særlig for tohjulinger.

For restkategorien “vegvedlikehold ellers” er virkningene tvetydige og stort sett ikke statistisk signifikante. I den grad det komme til syne noen tendenes i materialet, er denne ulykkesøkende, særlig for de mest alvorlige skadegrader. Dette kan tenkes å reflektere et høyere hastighetsnivå på de best vedlikeholdte vegene.



Figur 6.10: Virkninger av vegvedlikehold, etter trafikantgruppe. Elastisiteter pr 1994.

6.5 Befolkning

Befolkningens størrelse, sammensetning og økonomiske aktivitet har betydning for ulykkestallene, som for de fleste samfunnsvariable.

Det er vel kjent at ulykkesrisikoen er svært mye høyere for unge bilførere enn for middelaldrende (se f eks Fridstrøm 1996). Ut fra dette faktum skulle en forvente at *befolkningens aldersfordeling* har betydning for det samlede ulykkestall, f eks slik at ulykkene blir flere når det er større innslag av unge (førere) i befolkningen.

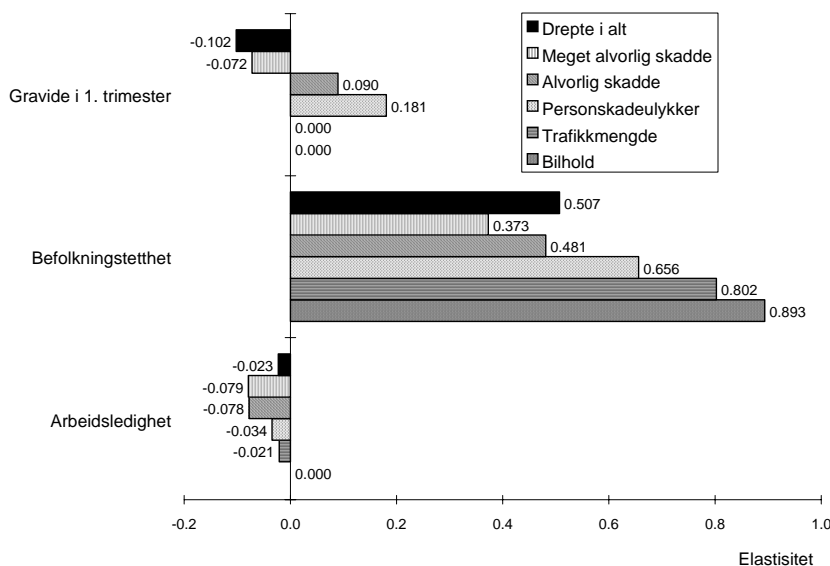
Noen slik sammenheng har det imidlertid ikke vært mulig å fastslå. En økning i andelen personer i de mest ulykkesutsatte aldre gir – nokså overraskende – ingen signifikant økning i ulykkestallet. Selv om alder og kjøreefaring er avgjørende risikofaktorer på individnivå, er variasjonene for små, i sum for hele befolkningen, til å gi utslag i de samlede ulykkestallene.

Arbeidsledighetsraten har en svak, men statistisk påviselig effekt på bilbruk og ulykker. Ti prosent flere arbeidsledige er forbundet med en ca 0,2 prosent mindre biltrafikk og med drøyt 0,3 prosent færre personskadeulykker (figur 6.11). I tillegg til at bilbruken går noe ned når ledigheten stiger, ser det altså ut til at risikoen også dempes noe.

Folkemengden har selvsagt betydning for bilhold, bilbruk og ulykker, men sammenhengen er ikke helt proporsjonal. For hver prosents vekst i befolkningen¹⁹, øker bilholdet på lang sikt med 0,89 prosent, bilbruken med 0,80 prosent og personskadeulykkene med 0,66 prosent. Det kan se ut som det gjør seg gjeldende visse “stordriftsfordeler”, slik at transportbehovet *pr innbygger* blir noe mindre når folketettheten stiger.

En tredje befolkningsfaktor som ser ut til å påvirke ulykkestallene er graviditet, nærmere bestemt *andelen gravide i første trimester* (tremånedersperiode²⁰) *av svangerskapet blant alle kvinner 18-44 år*. For hver prosents økning i antall gravide, stiger personskadeulykkene med anslagsvis 0,18 prosent. De mest alvorlige ulykkene blir imidlertid færre.

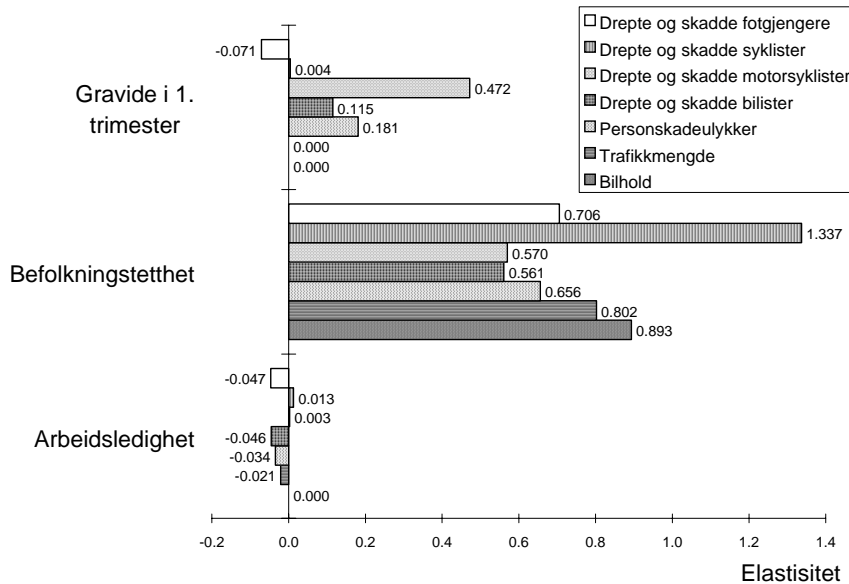
Tilsvarende resultater er tidligere rapportert av Gaudry (1984) for staten Quebec i Canada. Tegnér (1998) finner tilsvarende resultat for Stockholms län. Vi kjenner ikke til andre studier der sammenhengen mellom graviditet og ulykkeshyppighet er undersøkt.



Figur 6.11: Virkninger av befolkningsforhold, etter skadegrad. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

¹⁹ Teknisk sett opererer modellen ikke med folkemengde, men med befolkningstetthet (innbyggere pr kvadratkm i fylket). Men siden flateinnholdet er gitt øker befolkningstettheten i akkurat samme forhold som folkemengden.

²⁰ I senere faser av svangerskapet må en anta at en eventuell risikoøkning kan bli helt eller delvis utvisket av en nedgang i eksponeringen som bilfører. For å få effekten tydelig fram har derfor nøydd oss med å telle opp gravide i første fase. Tallet er beregnet på grunnlag av fødselstallene 6 til 8 måneder framover i tid.



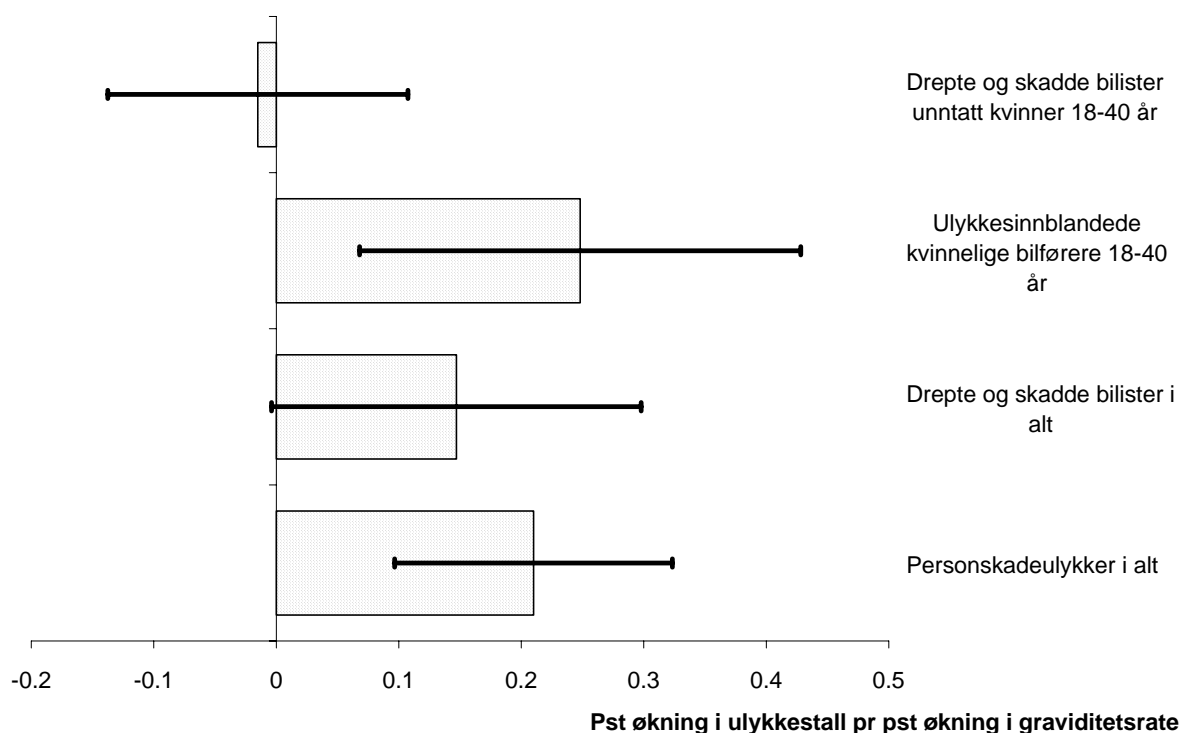
Figur 6.12: Virkninger av befolkningsforhold, etter trafikantgruppe. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

Siden vi ikke har data om hvorvidt de enkelte ulykkesinnblandede førere er gravide, kan det tenkes at den sammenheng vi her får fram, er spuriøs. For å få en indikasjon på dette har vi i tillegg beregnet virkningene på to utvalgte undergrupper av trafikanter:

- Ulykkesinnblandede kvinnelige bilførere 18-40 år (inkl bilførere som selv ikke kommer til skade)
- Drepte og skadde bilførere *unntatt* kvinner i alderen 18-40.

Dersom den statistiske sammenhengen mellom graviditet og ulykkeshyppighet er et årsaksforhold på individnivå, må en vente ekstra tydelig effekt i forhold til den første gruppen, men en sterkt utvannet eller ikke påviselig effekt for den andre gruppen.

Dette er nettopp det vi finner. Stolpene i figur 6.13 angir anslått endring i ulykkestall pr pst økning i graviditetsraten, og de sorte strekene angir usikkerhetsområdet (konfidensintervallet).



Figur 6.13: Anslått sammenheng mellom ulykkestall og andel gravide i første trimester, med 95 prosenters konfidensintervall. 19 fylker, 1977-94.

Figuren kan med fordel leses nedenfra og opp. For personskadeulykker er elastisiteten anslått til 0,21, med konfidensintervall fra 0,10 til 0,33. For drepte og skadde bilister er effekten ca 0,15, og på grensen til å være signifikant²¹. Konfidensintervallet er her videre enn for personskadeulykker i alt, bl a fordi disse ulykkene utgjør en mindre del av tallmaterialet, slik at det er større rom for tilfeldige utslag.

Ser en på *ulykkesinnblandede kvinnelige bilførere 18-40 år* er effekten betydelig sterkere, og klart signifikant, til tross for at ulykkestallene er meget lavere enn for drepte og skadde bilister i alt og således utsatt for mer tilfeldig støy. For gruppen “*alle andre bilførere*” er effekten tilnærmet lik null og ikke signifikant.

For en nærmere drøfting av dette funnet viser vi til Fridstrøm (1998d).

6.6 Beltebruk

I figur 6.14 vises de beregnede virkninger av beltebruk blant bilførere. Diagrammet angir hvor mange prosent ulykkestallene øker ved en én prosent økning i andelen bilførere som *ikke* bruker belte. Utgangspunktet er de beregnede belte-

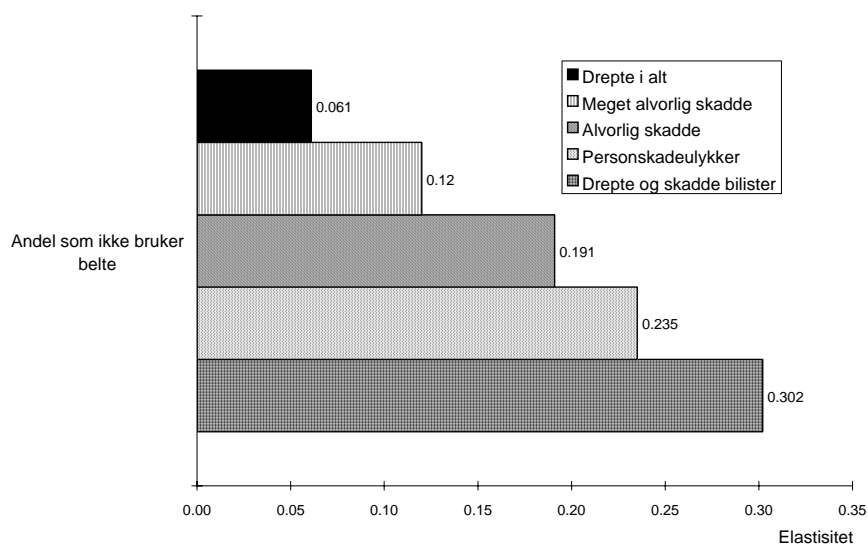
²¹ Tallene i denne figuren er litt forskjellige fra de ovenfor refererte, fordi datamaterialet som ligger til grunn for figuren, gjelder perioden 1977-94, dvs fire år kortere enn generelt i modellen TRULS. Først fra 1977 har vi kunnet ta ut ulykkesdata om kvinnelige bilførere i bestemte aldre.

bruksandelene i 1994 (figur 5.5 og 5.6), dvs at andelen som ikke bruker belte er ca 20 prosent i tettbygd strøk og ca 10 prosent i spredtbygd strøk.

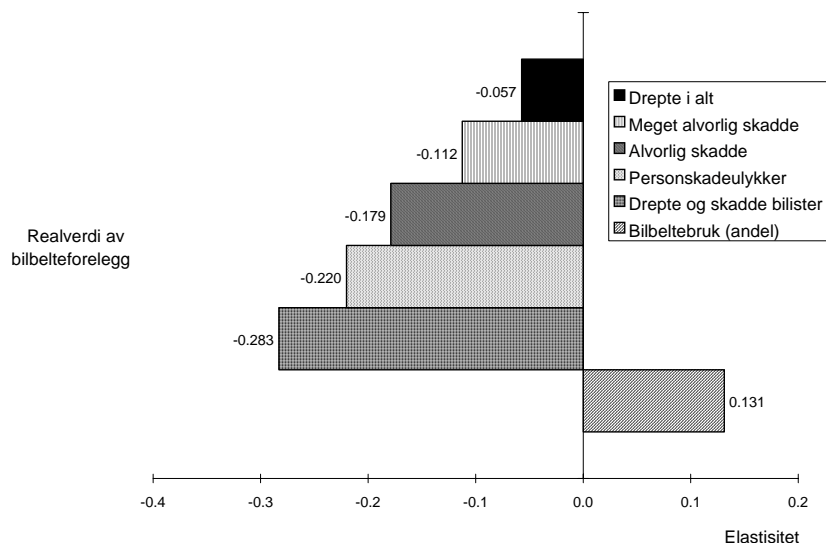
I henhold til figur 6.14 vil en f eks 10 prosents økning i andelen som *ikke* bruker belte (dvs fra 20 til 22 prosent i tettbygd strøk og fra 10 til 11 prosent i spredtbygd strøk) medføre en anslagsvis 3 prosents økning i antall drepte og skadde bilister, en 2,4 prosents økning antall personskadeulykker, en 1,9 prosents økning i antall alvorlige personskader og en 0,6 prosents økning i antall dødeofre. Bilbeltene ser ut til å være mindre effektive i å forhindre dødsfall enn i å redusere antallet lettere skader.

En *nedgang* i andelen som kjører uten belte, dvs en *økning* i beltebruken, vil ha tilsvarende virkninger, men med motsatt fortegn - dvs skadereduserende.

I en ualminnelig kraftig debattert artikkel av Peltzman (1975), ble det i sin tid hevdet at kravene til sikkerhetsutstyr i amerikanske biler hadde ført til flere fotgjengerulykker, fordi bilistene utnytter sikkerhetsforbedringen til å øke farten eller på annen måte tilpasser atferden på en måte som gir forhøyd risiko for andre trafikanter (risikokompensasjon). Modellen TRULS viser ingen tegn til dette, dvs til at økningen i bilbeltebruk i Norge er blitt "kompensert" på en måte som har gått ut over fotgjengerne.



Figur 6.14: Virkninger av bilbeltebruk. Elastisiteter pr 1994.



Figur 6.15: Virkninger av forelegg for manglende bilbeltebruk. Elastisiteter pr 1994.

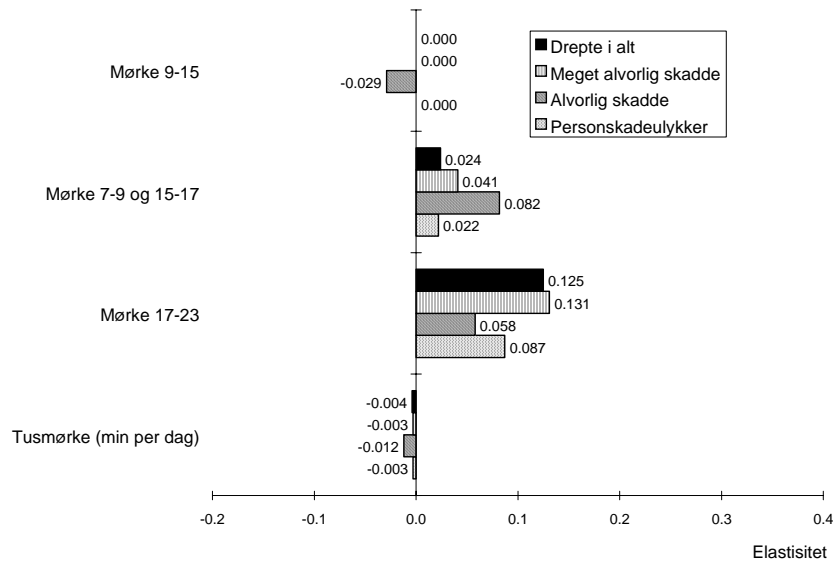
Det er fortsatt mulig å øke bilbeltebruken i Norge. Ett mulig virkemiddel er å øke boten for manglende bruk av belte. Vi har beregnet effekten av en marginal endring i realverdien av denne boten. For hver prosents økning i forelegget stiger bilbeltebruken med anslagsvis 0,13 prosent, noe som vil gi en anslagsvis 0,28 prosents reduksjon i antall drepte og skadde bilister og en 0,06 prosents reduksjon i antall drepte. Dersom forelegget holder seg uendret mens det alminnelige prisnivået stiger med én prosent, slik at realverdien synker, kan en forvente tilsvarende virkninger med motsatt fortegn.

6.7 Dagslys

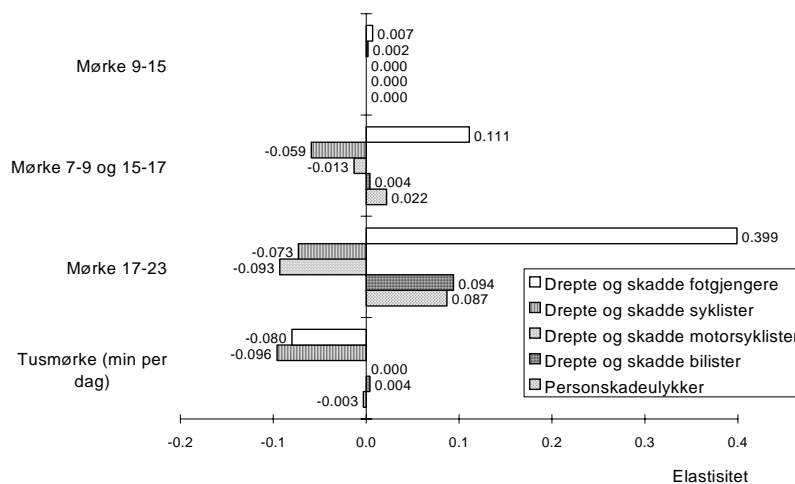
Trafikksikkerhetseffektene av dagslys er anslått i figur 6.16 og 6.17. Merk at vi i disse diagrammene kun presenterer de *direkte* ulykkeseffektene. De *indirekte* dagslyseffektene, dvs døgn- og årstidsvariasjonen i trafikkarbeidet, er ikke inkludert i figur 6.16 og 6.17. Det innebærer at figurene sier noe om endringen i *risiko* pr kjøretøykilometer, snarere enn i det absolute ulykkestallet.

Vi skiller mellom fire perioder på dagen – arbeidstid (9-15), rushtid (7-9 og 15-17), kveld (17-23) og tussmørke. “Mørke” er definert som hele perioden da sola står under horisontalplanet, og “tussmørke” som tiden da sola står mellom 0 og 6 grader under (denne teoretiske) horisonten, regnet pr den 15. i måneden på et punkt sentralt i fylket.

Mengden *dagslys midt på dagen* har liten eller ingen betydning for trafikkulykkene. I klartekst betyr dette at en ikke kan fastslå noen høyere ulykkeshyppighet på dagtid under mørketiden i nord.



Figur 6.16: Virkninger av dagslys, etter skadegrad. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.



Figur 6.17: Virkninger av dagslys, etter trafikantgruppe. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.

Mangel på dagslys i rushtiden har imidlertid en markant effekt på ulykkesrisikoen. Særlig tydelig er effekten på fotgjengerulykker. For syklister og motorsyklister får vi en motsatt effekt, noe som trolig er en refleks av mindre eksponering blant tohjulinger i den mørke årstid.

Enda større er effekten av *kveldsmørket*. Mønsteret trafikantgruppene imellom er imidlertid det samme som for rushtiden: kraftig utslag for fotgjengere, noe mindre utslag for bilister, og motsatt utslag for syklistene og motorsyklister.

Tusmørke virker svakt ulykkesdempende. Dette er naturlig da denne perioden ifølge vår definisjon er en del av natten (perioden med mørke). Jo lengre tusmørketid, desto lysere er natten²².

Et annet tegn på risikokompensasjon ser en i temperatureffektene. Jo flere dager med minimumstemperatur under null, desto lavere er personskaderisikoen. Det ser med andre ord ut til at trafikantene tilpasser seg på en måte som er *mer enn* tilstrekkelig til å nøytralisere virkningene glatte veier. Dette inntrykket forsterkes når vi observerer at risikoen for de mest alvorlige ulykkene synker betydelig mer enn personskaderisikoen.

En spesiell effekt framkommer når vi teller opp hyppigheten av “nullpassasjer”, dvs andelen *frostdager med både pluss- og minusgrader* (maksimumstemperatur over null og minimumstemperatur under null). Dette virker ulykkesøkende. Forklaringen er trolig at trafikantene under slike forhold generelt er mindre forberedt på glatte veier. En spesielt farlig effekt kan oppstå dersom det renner smeltevann ut på en ellers tørr, bar veg, slik at det dannes issvuller om natten.

Regnvær ser ut til å virke ulykkesdempende. Ser en på de ulike trafikantgrupper, så framgår det imidlertid at praktisk talt hele denne effekten kan spores tilbake til færre sykkel- og motorsykkelskader. Dette har trolig sammenheng med redusert eksponering. For bilister finner vi kun en bitte liten – og ikke signifikant – effekt av regnværshyppighet.

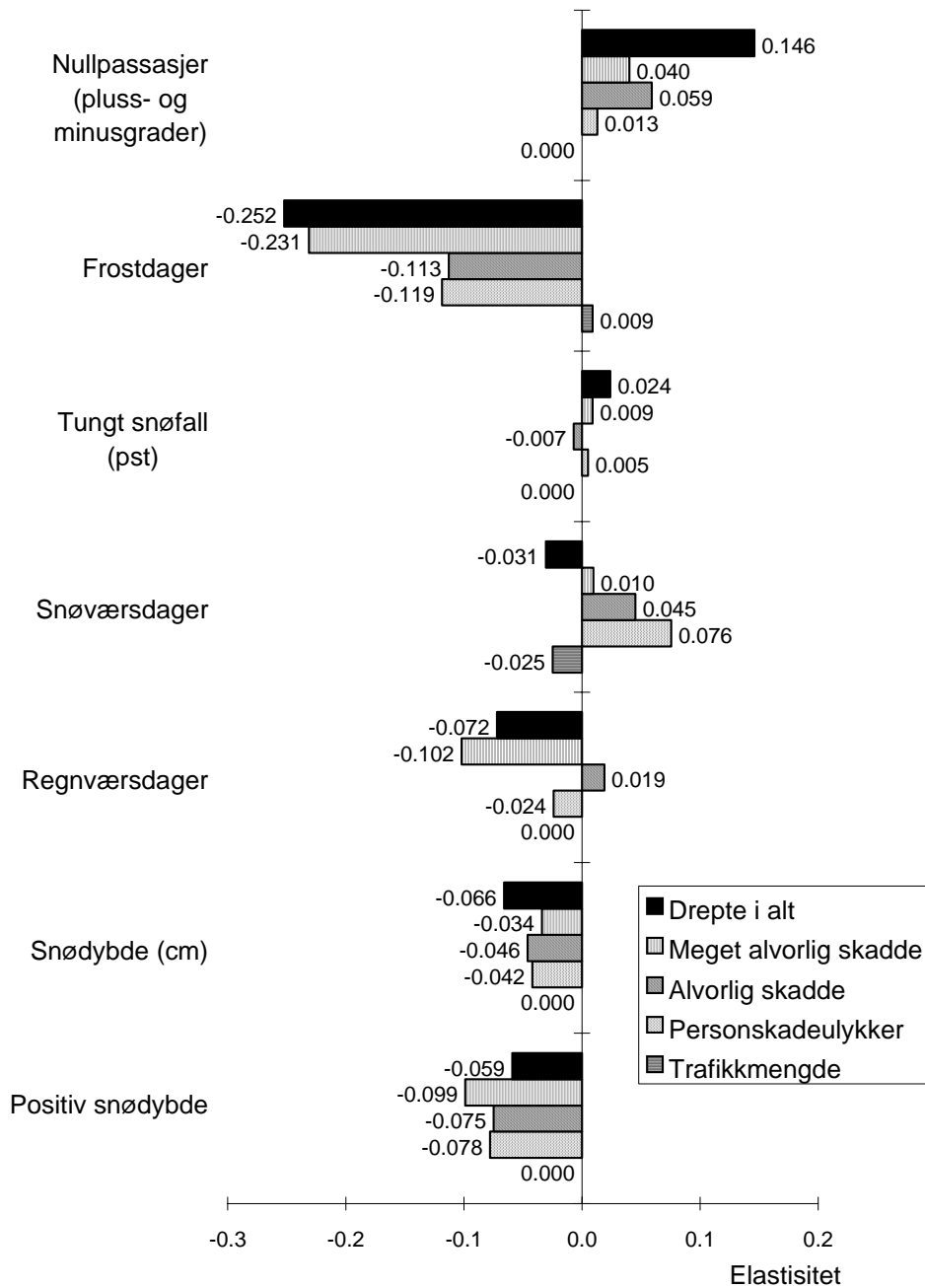
6.8 Værforhold

Værets betydning for ulykkestallene er vist i figur 6.18 og 6.19. I disse figurene er det tatt hensyn til at vinterlige kjøreforhold tenderer til å redusere trafikken noe, dvs at en viss indirekte effekt er inkorporert.

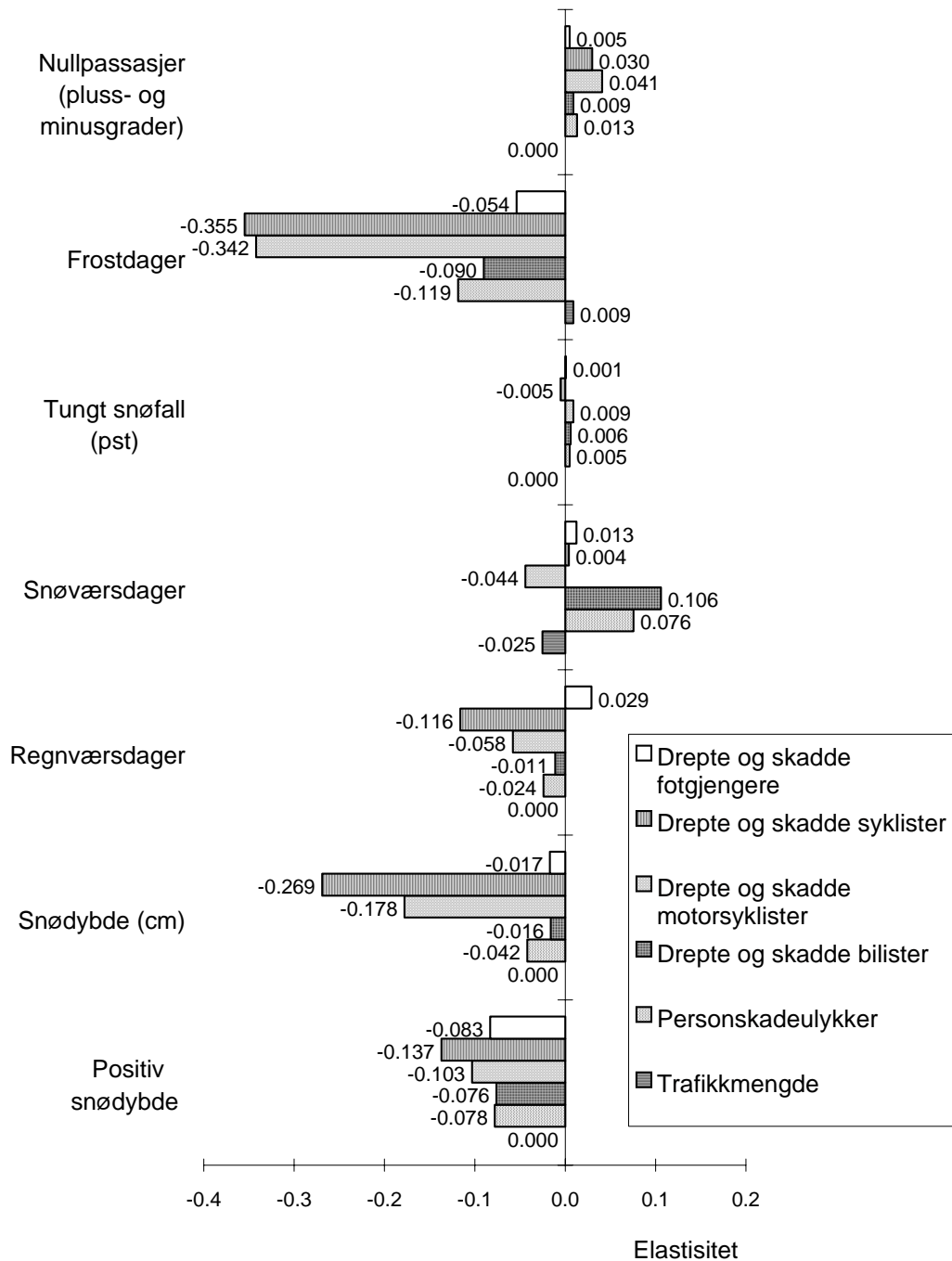
Ulykkestallene reduseres, under ellers like forhold, når bakken er dekket med snø, og reduksjonene er mer uttalt jo større *snødybden* er. Særlig tydelig er utslaget for de mest alvorlige ulykkene.

Bak dette forholdet kan det ligge mange årsaksmekanismer. Én viktig grunn kan være sterkt forbedret sikt om natten etter at snøen er falt. En annen grunn kan være at snøfonner langs vegkanten bidrar til å hindre eller redusere konsekvensen av utforkjøring. En tredje grunn kan være at eksponeringen blant tohjulinger blir redusert – utslaget er, som en ser, særlig kraftig for denne gruppen. Endelig kan det tenkes at hastigheten gjennomgående er noe lavere når snøen ligger.

²² Siden tusmørketiden også sier noe om hvor lenge sola står lavt over horisonten før solnedgang, kunne det tenkes at denne variabelen kunne ha positivt fortegn, i den grad lav sol er en risikofaktor. Noen slik effekt finner vi imidlertid ikke i vår analyse.



Figur 6.18: Virkninger av værforhold, etter skadegrad. Totale ulykkeselastisiteter pr 1994.



Figur 6.19: Virkninger av værforhold, etter trafikantgruppe. Totale ulykkeselastisiteter pr 1994.

Antall *dager med snøfall* i løpet av måneden har negativ effekt på trafikkmengden, positiv effekt på personskadeulykkene, men negativ effekt på dødsulykkene. Vinterlige kjøreforhold ser altså ut til å øke personskadeulykkesrisikoen, men ikke dødsulykkesrisikoen. Vi ser her et sannsynlig utslag av risikokompensasjon – trafikantene reagerer med gjennomgående lavere hastighet, slik at den gjennomsnittlige skadegraden pr ulykke går ned.

Et annet tegn på risikokompensasjon ser en i temperatureffektene. Jo *flere dager med minimumstemperatur under null*, desto lavere er personskaderisikoen. Det ser med andre ord ut til at trafikantene tilpasser seg på en måte som er *mer enn* tilstrekkelig til å nøytralisere virkningene glatte veger. Dette inntrykket forsterkes når vi observerer at risikoen for de mest alvorlige ulykkene synker betydelig mer enn personskaderisikoen.

En spesiell effekt framkommer når vi teller opp hyppigheten av “nullpassasjer”, dvs andelen *frostdager med både pluss- og minusgrader* (maksimumstemperatur over null og minimumstemperatur under null). Dette virker ulykkesøkende. Forklaringen er trolig at trafikantene under slike forhold generelt er mindre forberedt på glatte veger. En spesielt farlig effekt kan oppstå dersom det renner smeltevann ut på en ellers tørr, bar veg, slik at det dannes issvuller om natten.

Regnvær ser ut til å virke ulykkesdempende. Ser en på de ulike trafikantgrupper, så framgår det imidlertid at praktisk talt hele denne effekten kan spores tilbake til færre sykkel- og motorsykkelskader. Dette har trolig sammenheng med redusert eksponering. For bilister finner vi kun en bitte liten – og ikke signifikant – effekt av regnværshyppighet.

6.9 Tilgang til alkohol

Alkoholtilgang er i modellen TRULS dekomponert i seks uavhengige faktorer. Tre av disse gjelder *alkoholutsalg*, de øvrige tre gjelder *skjenkebevillinger*. For hver av disse to typene tilgang skiller vi dessuten mellom *kvantitet* (totalt antall utsalg eller skjenkeretter) og *kvalitet* (andel utsalg/skjenkesteder med drikkevarer av ulik styrke).

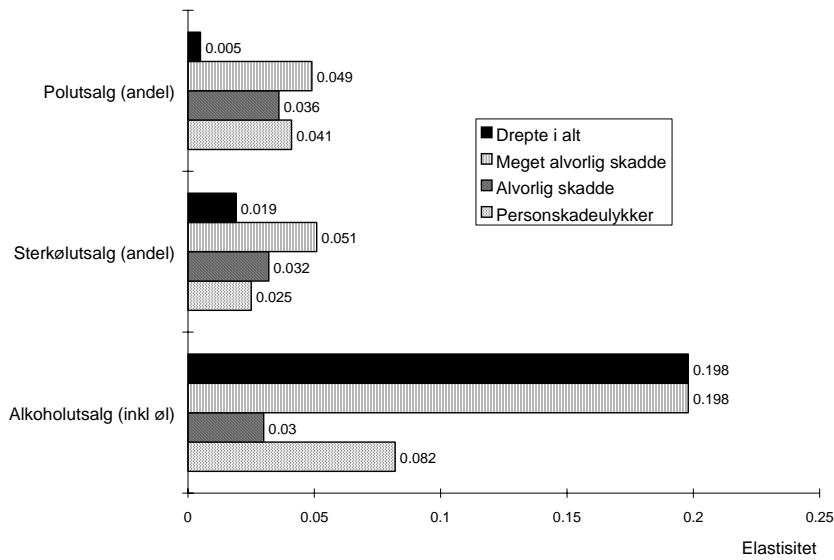
6.9.1 Utsalgssteder

Figur 6.20 og 6.21 viser de beregnede virkningene av en økning i antall utsalg.

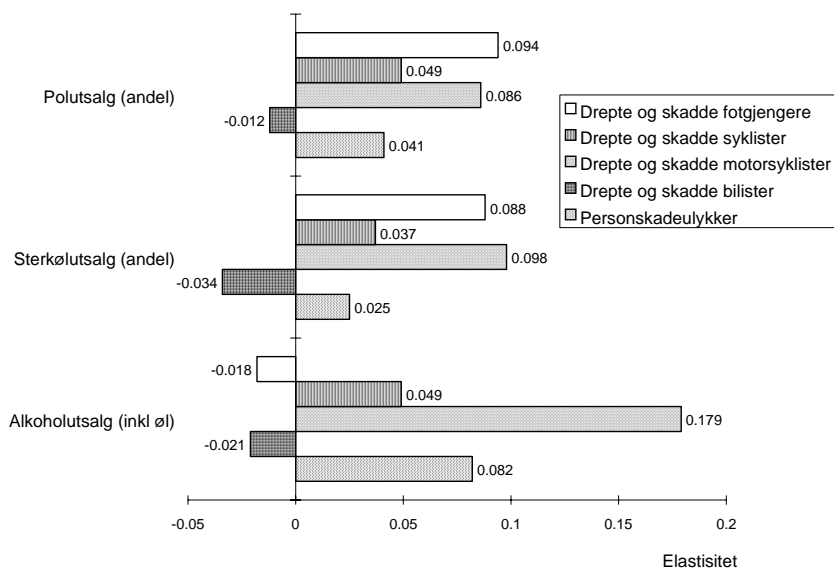
For hver proSENTS vekst i *antall utsalgssteder for alkohol i en eller annen form* (øl, vin eller brennevin), øker tallet på personskadeulykker med anslagsvis 0,08 prosent. For antall trafikkdrepte finner vi en betydelig høyere elasticitet, nemlig 0,2.

Ikke bare øker ulykkestallene med antallet utsalgssteder – arten alkohol som tilbys spiller også inn. Jo større andel utsalgssteder som tilbyr varer med høy alkoholgehalt, desto kraftigere er virkningen. For hver proSENTS økning i *andelen utsalgssteder som fører sterkøl* øker (personskade)ulykkestallet 0,025 prosent. Og for hver

prosent økning i andelen av disse igjen som fører vin/brennevin, øker personskadeulykkene med anslagsvis 0,04 prosent.



Figur 6.20: Virkninger av alkoholutsalg, etter skadegrad. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.



Figur 6.21: Virkninger av alkoholutsalg, etter trafikantgruppe. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.

Effekten av en gitt *relativ* økning (f eks 10 prosent) i ølutsalgene (som utgjør langt de fleste av “utsalgssteder i alt”) synes større enn en tilsvarende (10 prosents) vekst i polutsalgene. Men dette er trolig en refleks av at ølutslagene er langt flere i utgangspunktet, slik at en 10 prosents økning tilsvarer et langt større antall butikker.

Etter at Vinmonopolet har overtatt sterkølomsetningen er sterkølutsalgene like mange som vin-/brennevinsutsalgene. Pr 1994 har skillet mellom disse derfor bare hypotetisk interesse. Vi har imidlertid kunnet estimere en noe kraftigere prinsipiell effekt av Vinmonopol enn av sterkølutsalg, siden disse to salgskanalen var atskilt fram til nyttår 1993.

Sett under ett gir de virkningene som er vist i figur 6.20, et påfallende entydig og konsistent bilde: alle stolpene peker i samme retning. Økt alkoholtilgjengelighet gir økte skadetall innenfor alle skadegradsnivåer – dvs enten vi ser på antall drepte, på (meget) alvorlig skadde, eller på personskadeulykker i alt. Og sammenhengen er like klart positiv enten det dreier seg om antall utslag eller om styrken på den tilbudte alhoholvaren.

Det er først når vi studerer virkningen på de ulike trafikantgrupper at bildet blir mer nyansert (figur 6.21). Det viser seg da at økt alhoholtilgang ikke gir seg utslag i flere drepte eller skadde bilister. Hele ulykkesvirkningen kan tilbakeføres til flere skader blant fotgjengere og tohjulinger.

Dette nokså overraskende resultat kan fortolkes på minst to måter.

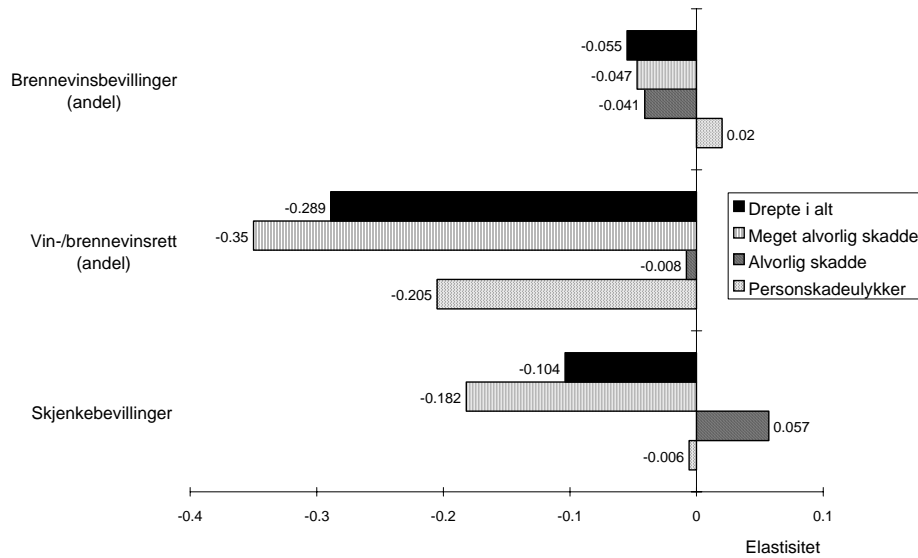
En første fortolkning kan være at promilleulykker er systematisk underrapport, og at denne underrapporteringen er særlig uttalt for bilister. Gitt straffenivået for promilleforseelser i Norge, er motivet for å unndra en ulykke fra politirapportering uvanlig sterkt når føreren er alkoholpåvirket. Dersom imidlertid ulykken har medført skade på fotgjenger eller syklist, er det atskillig vanskeligere for en bilfører å skjule hendelsesforløpet for politiet. Dette kan i prinsippet forklare de motstridende virkningene på henholdsvis bilister og andre.

Dersom denne tolkningen skulle være riktig, impliserer det at de alminnelige virkningene av alkoholtilgjengelighet sannsynligvis er underestimert i analysen.

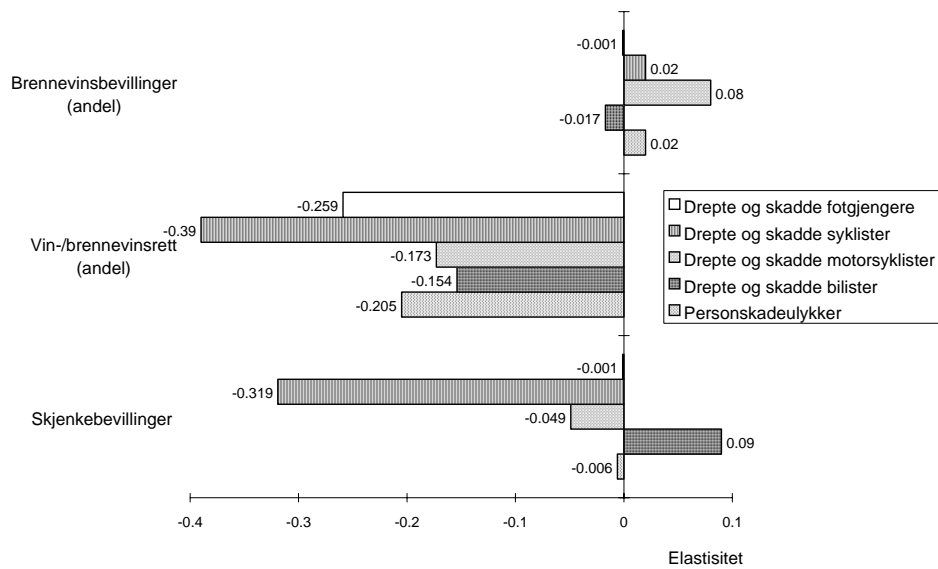
En annen fortolkning er at økningen i ulykkeshyppighet slett ikke skyldes promillekjøring, men *alkoholpåvirkede fotgjengere og syklister*. Kan hende fører økt alkoholtilgang til at flere trafikanter – i visse sammenhenger – lar bilen stå, men til gjengjeld i større grad eksponerer seg for risiko som fotgjengere eller syklister med nedsatt dømmekraft. En mulig effekt av denne art har hittil hatt lite oppmerksomhet i debatten om trafikk og alkohol.

Hovedsvakheten i denne analysen er at vi ikke har informasjon om to sentrale, mellomliggende variable, nemlig *alkoholforbruk* og *promillekjøring*. Den antatte årsakssammenheng mellom alkoholtilgang og trafikkulykker går gjennom disse to variablene. Her finnes det ikke data på et så detaljert nivå (tidsserier for de enkelte fylker) at det muligjgjør økonometrisk analyse. Riktignok foreligger det god salgsstatistikk fra Vinmonopolet og fra Bryggeriforeningen. Men alkoholforbruket (i det enkelte fylket) atskiller seg fra salgshallene på grunn av lovlig og ulovlig hjemmeproduksjon og import, og dessuten ved at anskaffelse og

konsum verken i tid (lagring) eller rom (kjøp i nabofylket) behøver være sammenfallende.



Figur 6.22: Virkninger av sjenkebevillinger, etter skadegrad. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.



Figur 6.23: Virkninger av sjenkebevillinger, etter trafikantergruppe. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.

Forsiden av denne medaljen er at vi, i vår analyse, skjærer gjennom alle disse måleproblemene, og estimerer *nettoeffekten* av økt tilgjengelighet, slik denne framkommer *etter at* folk har tilpasset seg med hensyn til vinlegging, hjemmebrenning, reiseimport eller smugling. Til forskjell fra alkoholkonsum og promillekjøring er tallet på utsalgs- og skjenkesteder dessuten klart eksogene (politisk bestemte) variable, utenfor de enkelte trafikanters kontroll. Virkningene av slike variable er klart beslutningsrelevante.

En annen mulig feilkilde er her, som i alle regresjonsmodeller, utelatte variable. En særlig nærliggende innvending kan f.eks. være at alkoholtilgjengeligheten er klart best i de urbane strøk, og at alkoholvariablene dermed kan fange opp en rekke faktorer som varierer systematisk mellom sentrum og periferi.

Modellen TRULS inneholder imidlertid en rekke variable som skulle fange opp nettopp denne type variasjon (trafikkmengde, trafikk tetthet, vegtetthet, befolkningstetthet, arbeidsløshet, samt en dummy for Oslo). Det er derfor lite trolig at forklaringen på de beregnede alkoholeffekter ligger på dette plan, selv om det ikke helt kan utelukkes.

6.9.2 Skjenkesteder

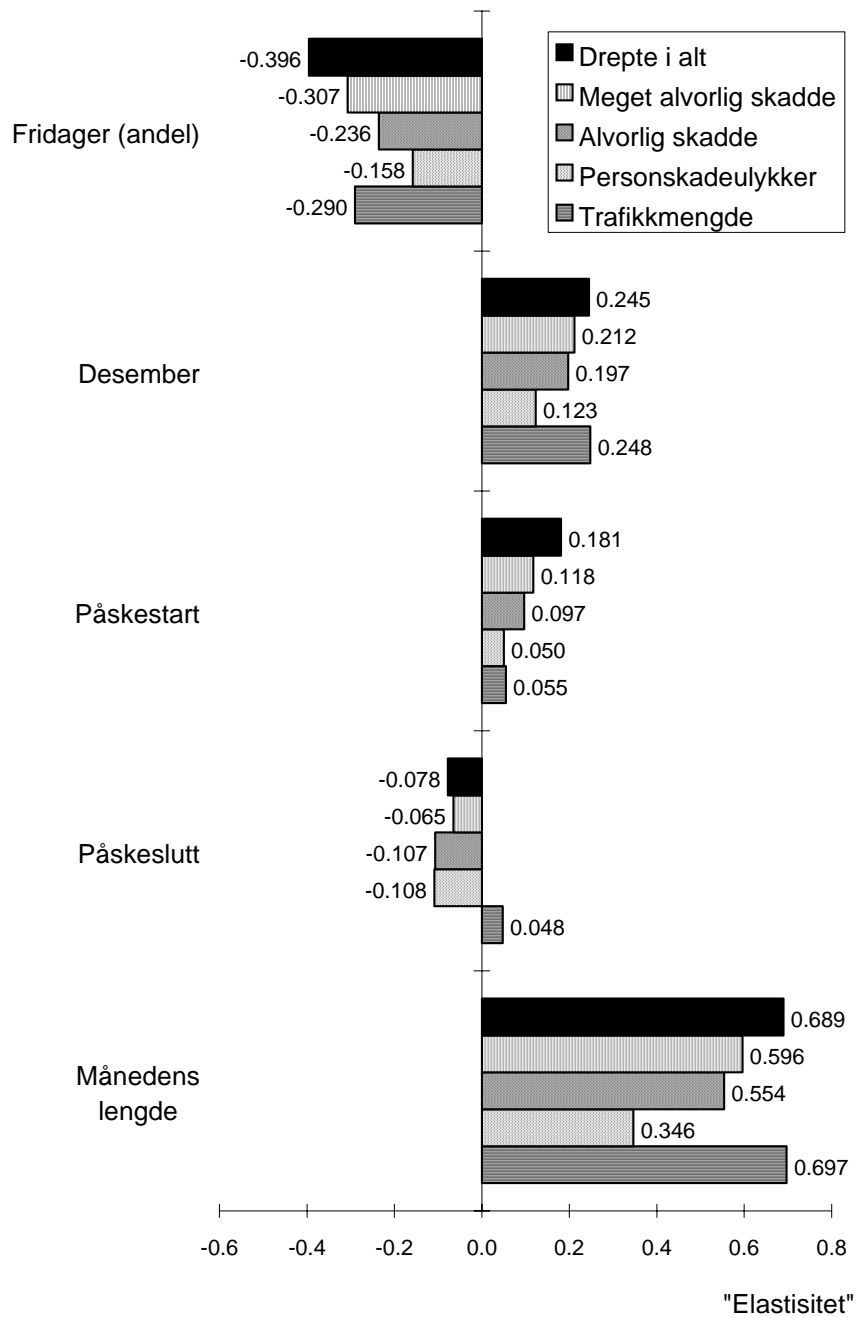
De beregnede virkningene av antall skjenkesteder er vist i figur 6.22 og 6.23.

Disse virkningene er langt mindre entydige enn for utsalgssteder. Effektene er gjennomgående små, lite entydige og bare unntaksvis statistisk signifikante.

Til dels er også fortegnet overraskende. Andelen skjenkesteder med vinrett viser således negativ sammenheng med ulykkestallene i alle kategorier. I den grad skjenkebevillinger i det hele tatt representerer noe trafiksikkerhetsproblem, er dette sannsynligvis i første rekke knyttet til ølrestaurantene.

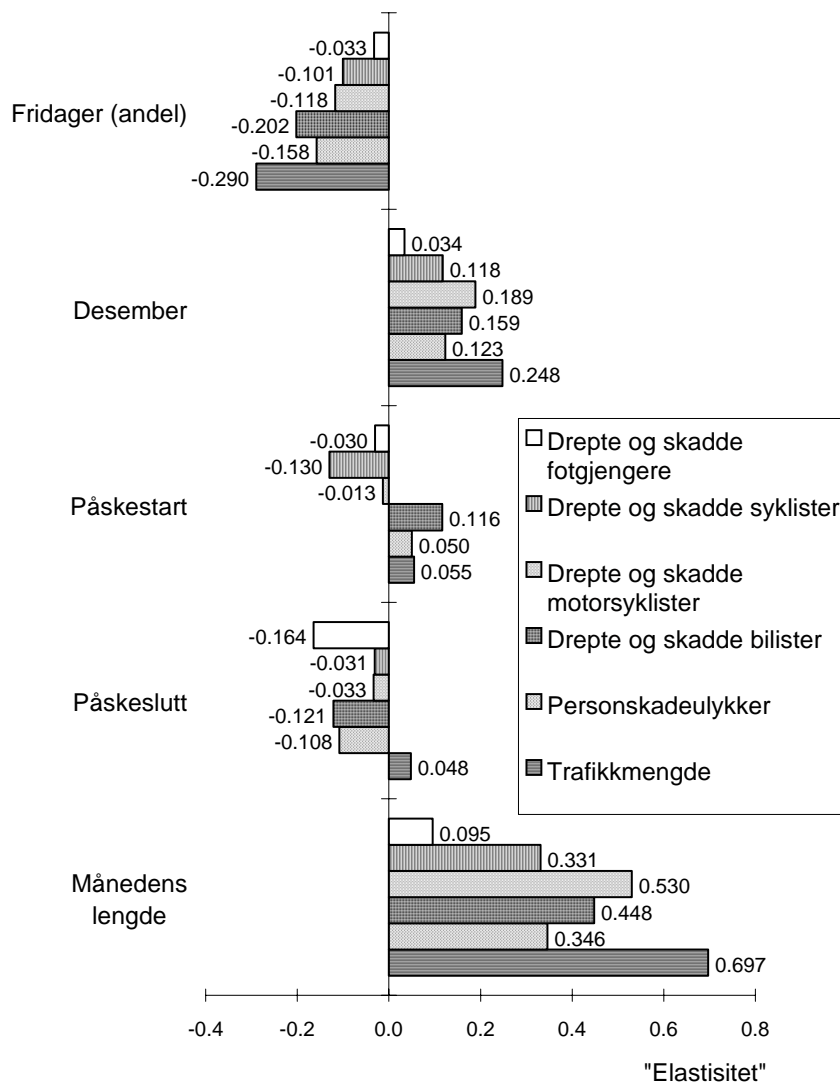
6.10 Kalendereffekter

Modellen TRULS opererer med måneder som observasjonsheter langs tidsaksen. Da kan det være viktig å ta hensyn til at ikke alle måneder er like. Disse kalendereffektene er vist i figur 6.24 og 6.25.



Figur 6.24: Kalendereffekter, etter skadegrad. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

En måned på 31 dager har f eks i gjennomsnitt ca 2,3 prosent mer trafikk enn en “tilsvarende” 30-dagers-måned (elastisiteten av månedens lengde er ca 0,7). Dette gir seg utslag i noe flere ulykker.



Figur 6.25: Kalendereffekter, etter trafikantgrupe. Langsiktige elastisiteter pr 1994.

Påskestart er forbundet med en ca 5 prosents økning i trafikken, og en omtrent tilsvarende økning i personskadeulykkene. Dødsulykkene øker mer enn proporsjonalt med trafikken.

Ved påskeslutt er trafikkøkningen – naturlig nok – av samme størrelsesorden, men her går ulykkestallene ned, med rundt 10 prosent. Risikoen synker altså med nær-

mere 15 prosent på månedsbasis. Dette har trolig sammenheng med at trafikken i særlig grad topper seg ved påskeslutt, slik at hastigheten synker.

Julemåned genererer en ekstratrafikk på rundt 25 prosent. Også ulykkestallene går opp.

Andelen *fridager* (lørdager, søndager, helligdager mv) har negativ sammenheng med trafikkmengde og ulykkestall.

6.11 Risikotrend

Den langsiktige risikoutviklingen er i modellen TRULS representert ved en trendfaktor, konkretisert som *antall år siden 1945*.

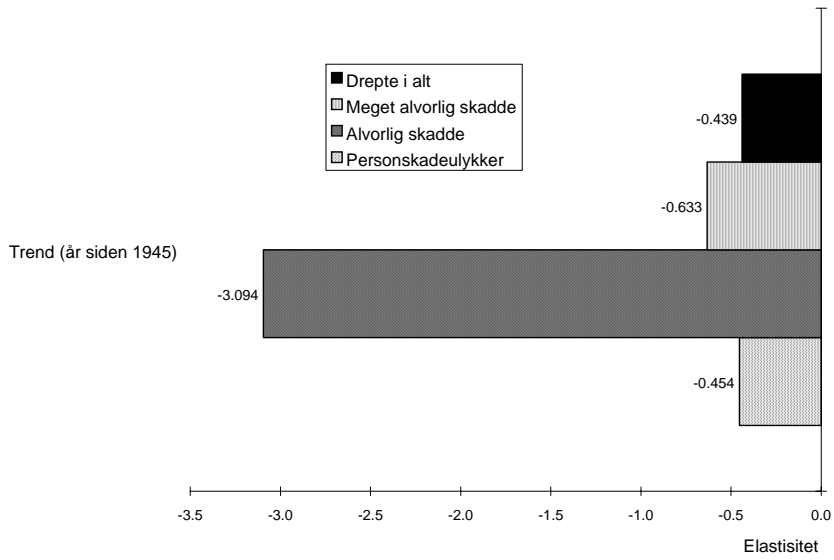
En én prosents økning i denne faktoren, som svarer til et tidsforløp på ca 6 måneder, er forbundet med en ca 0,45 prosents reduksjon i antall personskadeulykker og en omtrent identisk reduksjon i antall drepte (figur 6.26). I gjennomsnitt over vår observasjonsperiode (1973-94) har vi altså hatt en årlig sikkerhetsforbedring (risikoreduksjon) på ca 0,9 prosent.

Denne sikkerhetsforbedringen gjelder for gitte nivå på alle andre variable i modellen – herunder eksponeringen, så langt denne er oppfanget og målt. Trendfaktoren representerer den “rest” av sikkerhetsforbedringer som ikke er fanget opp gjennom andre variable i modellen.

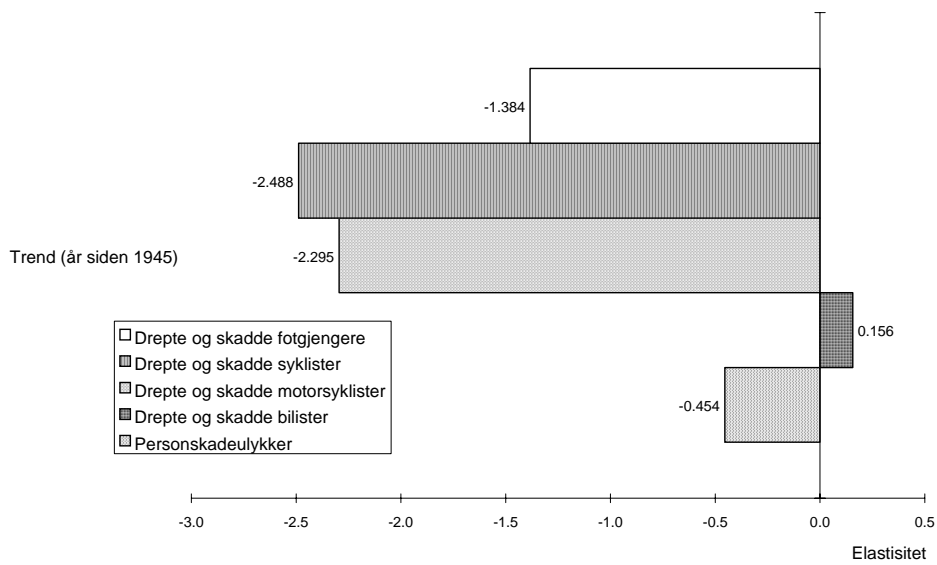
Et interessant bilde framkommer når vi differensierer trendeffektene etter trafikantgrupper (figur 6.27). Vi ser da at hele trendeffekten skyldes lavere ulykkestall blant fotgjengere og tohjulinger. For bilister er trendeffekten ikke signifikant, og har dessuten motsatt (positivt) fortegn.

Det er nærliggende å tolke dette slik at de myke trafikantenes andel av eksponeringen er blitt mindre i løpet av perioden. Vi har i modellen ikke kunnet måle endringene i eksponeringen blant fotgjengere og syklistene over tid. Det er sannsynlig at denne har økt lite i perioden, kanskje til og med gått noe tilbake etter hvert som samferdselen er blitt stadig mer motorisert. På den annen side har vi, som vårt klart tyngste mål på eksponering, på nokså nøyaktig vis fanget opp den sterke veksten i biltrafikken. Det innebærer at trendeffekten langt på veg fanger opp endringen i ulykkeshyppighet *regnet pr motorvognkilometer*. For fotgjengere og syklistene går denne hyppigheten naturlig nok ned etter hvert som det blir færre myke trafikanter i systemet for hver personbil, lastebil eller buss.

I tillegg kan selvsagt de mange tiltak med sikte på å beskytte de myke trafikantene ha hatt betydning for risikoen. Vår analyse gir dessverre ikke mulighet til å skille denne risikoeffekten fra den alminnelige utviklingen i eksponering.



Figur 6.26: Trendeffekter, etter skadegrad. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.



Figur 6.27: Trendeffekter, etter trafikantgruppe. Direkte ulykkeselastisiteter pr 1994.

7. Forslag til videre arbeid

På enkelte punkter etterlater modellen TRULS flere spørsmål enn svar. De viktigste slike spørsmål er følgende.

7.1 Dødsulykker

Med hensyn til *dødsulykker og antall dødsopfre* gir modellen enkelte overraskende og til dels lite troverdige resultat:

1. Mens personskaderisikoen synker med økt *trafikk tetthet*, så finner vi ingen slik tendens for dødsrisikoen. Dette stemmer dårlig med tidligere økonometriske analyser (Fridstrøm og Ingebrigtsen 1991, Fridstrøm et al 1995). Det rimer også dårlig med vår antakelse om at den lavere personskaderisikoen i tettere trafikk skyldes at hastigheten presses ned.
2. Generelt er de beregnede sammenhengene mellom trafikkdødsfall og *eksponering* lite robuste, i den forstand at de endrer seg forholdsvis mye selv ved nokså bagatellmessige endringer i modellformuleringen.
3. Mens *bilbelter* i henhold til TRULS har langt mindre effekt på antall dødsopfre enn på antall personskader, så tyder de fleste andre undersøkelser på det motsatte (Elvik et al 1997:412-416).

Vi har mistanke om at disse resultatene kan ha en metodologisk forklaring, med andre ord at resultatene skyldes en mindre velvalgt metode. Dødsulykkestallene (pr måned og fylke) er gjennomgående små (ofte null), noe som tilsier bruk av spesielle statistiske metoder - nærmere bestemt (generalisert) Poisson-regresjon. En reanalyse av dødsulykkestallene ved hjelp av denne metoden ville avklare usikkerheten på dette punkt og er derfor en prioritert videreføringsoppgave. Analysen kan gjøres innenfor en forholdsvis beskjeden ressursramme.

7.2 Eksponering, atferdstilpasning, hastighet og risiko

En hovedsvakhhet ved modellen TRULS er at vi ikke har hatt data om enkelte viktige mellomliggende variable, i første rekke *trafikanntatferd*, hvorav *hastighet* trolig er det aller viktigste. Dette innebærer at mange av de tolkninger vi har lagt til grunn er basert på hypoteser og spekulasjon omkring årsaksmekanismene.

En annen hovedsvakhhet er at *data om materiellskadeulykker* ikke har vært systematisk tilgjengelige. Det innebærer at alle tolkninger omkring endringer i ulykkenes gjennomsnittlige skadegrad er beheftet med stor usikkerhet, fordi vi ikke kjenner til hvor mange tilfeller som "går over fra" å være personskadeulykker til å bli materiellskadeulykker, eller omvendt. Et skadereuserende tiltak vil ikke bare påvirke antall dødsulykker, mens også antall personskadeulykker. Når vi regner på dødsrisikoen burde vi derfor ikke ha personskadeulykkene, men samtlige uhell (inkl materiellskadeulykkene) i

nevneren. En slik indikator ville gi vesentlig bedre grunnlag for slutninger om hvorvidt trafikantene ”kompenserer” for trafikksikkerhetstiltak gjennom mer risikobetont atferd.

På begge disse områdene er imidlertid datatilgjengeligheten i radikal bedring. Vegdirektoratet har siden midten på 1980-tallet gjennomført systematiske hastighetsmålinger på et antall faste tellepunkt på riksvegnettet. Det foreligger derfor etter hvert meget lange tidsserier på disse tellepunktene. Gjennomsnittlig hastighet og trafikk tetthet er i alminnelighet tilgjengelig på timebasis. Ulykkestill kan tidfestes med tilsvarende nøyaktighet.

Gjennom forsikringsselskapene TRAST-register er det dessuten i prinsippet mulig å ta ut data om materiallskadeulykker.

Tilsammen åpner disse datakildene helt nye muligheter for statistisk analyse av sammenhengene mellom eksponering, hastighet, ulykkeshyppighet og skadegrad, og dermed av betingelsene for og følgene av trafikantenes atferdstilpasning. En bredt anlagt økonometrisk analyse av disse sammenhengene vil trolig være den første i sitt slag og således også ha betydelig internasjonal interesse. Analysen vil imidlertid være forholdsvis ressurskrevende.

7.3 Forklaringsfaktorenes bidrag til forklaring

Resultatene fra modellen TRULS er i denne rapporten presentert i form av elastisiteter. Disse uttrykker hvor store endringer i ulykkestallene som følger av små (marginale) endringer i de uavhengige variable.

Elastisitetene sier lite om hvor stort bidrag de enkelte uavhengige variablene har gitt til den observerte utvikling i ulykkestallene. For å beregne dette må en ta hensyn til de enkelte variablene variasjonsbredde og utviklingsretning. En faktor som ikke endrer seg over tid gir intet bidrag til nedgang i ulykkestallet, selv om elastisiteten skulle være høy. En etteranalyse med sikte på å anslå de enkelte faktorenes relative betydning kan gjøres innenfor en beskjedne ressursramme.

7.4 Graviditet

Modellen TRULS tyder på at gravide bilførere har vesentlig høyere risiko enn andre. For å avkrefte eller bekrefte dette funnet, og eventuelt anslå hvor mye høyere risikoen er under svangerskapet, må en analysere individdata. Analysen vil måtte bygge på et meget stort datamateriale, i og med at ulykker er forholdsvis sjeldne hendelser på individnivå. Prosjektet vil derfor være nokså ressurskrevende.

7.5 Alkohol

Modellen TRULS gir enkelte vanskelig tolkbare resultat med hensyn til *alkoholtilgjengelighet*. Også her er det snakk om manglende data om sentrale mellomliggende faktorer, i første rekke *alkoholkonsum* og *promillekjøring*. En oppfølgende analyse der en, så langt råd er, trekker inn disse faktorene, og samtidig undersøker hvorvidt resultatene i TRULS kan ha metodologiske forklaringer, ville være av interesse.

7.6 Bilholdsmodellen

Delmodellen for bilhold kan forbedres. Antakelsen om at det er like stor treghet (*symmetri*) i tilpasningen oppover som nedover er muligens urealistisk, da det er lettere (dvs forbundet med mindre transaksjonskostnader) å øke bilinnehavet enn å redusere det. Dette gjelder for de enkelte husholdningene (i mikro) så vel som for Norge som nasjon (i makro). Symmetriforutsetningen kan oppmykes dersom en tar i bruk spesielle økonometriske teknikker.

Et annet svakt punkt i bilholdsmodellen er at den kun tar hensyn til nominelle rentesatser. I virkeligheten vil nok etterspørselen etter biler i noen grad være påvirket av den alminnelige prisstigning, som – sammen med de nominelle renter – bestemmer *realrentenivået*. I en eventuelt forbedret bilholdsmodell bør en forsøke å ta hensyn til dette.

Litteratur

- Borger A, Fosser S, Ingebrigtsen S & Sætermo I-A (1995): *Underrapportering av trafikkulykker*. Rapport 318, Transportøkonomisk institutt, Oslo
- Brorsson B, Ifver J & Rydgren H (1988): Injuries from single vehicle crashes and snow depth. *Accident Analysis & Prevention* **20**:367-377.
- Elvik R (1993): *Hvor rasjonell er trafikksikkerhetspolitikken?* Rapport 175, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Elvik R (1995): Explaining the distribution between state funds for national road investments between counties in Norway: Engineering standards or vote trading? *Public Choice* **85**:371-388.
- Elvik R, Mysen A B & Vaa T (1997): *Trafikksikkerhetshåndbok: oversikt over virkninger, kostnader og offentlige ansvarsforhold for 124 trafikksikkerhetstiltak*. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fosser S (1995): *Bilbelte- og hjelmbruk fra 1973 til 1993*. Notat 996. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L (1996): *Prognoser for trafikkulykkene*. Notat 1027, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L (1998a): Calculating light and heavy vehicle traffic volumes in space and time: an econometric approach. Paper presented at the 8th WCTR, Antwerp, July 12-17, 1998.
- Fridstrøm L (1998b): An econometric model of aggregate car ownership and road use. Paper presented at the 8th WCTR, Antwerp, July 12-17, 1998.
- Fridstrøm L (1998c): TRULS - an econometric model of road use, accidents, and their severity. Paper presented at the 8th WCTR, Antwerp, July 12-17, 1998.
- Fridstrøm L (1998d): Gravide førere – mer ulykkesutsatt? *Samferdsel* nr 7 (september 1998), s 20-21.
- Fridstrøm L & Elvik R (1997): The barely revealed preference behind road investment priorities. *Public Choice* **92**:145-168.
- Fridstrøm L, Ifver J, Ingebrigtsen S, Kulmala R & Thomsen L K (1993): *Explaining the variation in road accident counts*. Report **Nord 1993:35**, Nordic Council of Ministers, Copenhagen/Oslo.
- Fridstrøm L, Ifver J, Ingebrigtsen S, Kulmala R & Thomsen L K (1995): Measuring the contribution of randomness, exposure, weather and daylight to the variation in road accident counts. *Accident Analysis & Prevention* **27**(1):1-20.
- Fridstrøm L & Ingebrigtsen S (1991): An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. *Accident Analysis & Prevention* **23**(5):363-378.
- Gaudry M (1984): DRAG, un modèle de la Demande Routière, des Accidents et de leur Gravité, appliqué au Québec de 1956 à 1982. Publication 359, Centre de Recherche sur les Transports (CRT), Université de Montréal.

- Gaudry M & Blum U (1993): Une présentation brève du modèle SNUS-1 (Straßenverkehrs-Nachfrage, Unfälle und ihre Schwere). *Modélisation de l'insécurité routière*, vol 1, Paradigme, Caen, 37 - 44.
- Gaudry M, Duclos L-P, Dufort F & Liem T (1993): TRIO Reference Manual, Version 1.0. Publication 903, Centre de Recherche sur les Transports (CRT), Université de Montréal.
- Gaudry M, Fournier F & Simard R (1995): DRAG-2, un modèle économétrique appliqué au kilométrage, aux accidents et à leur gravité au Québec: Synthèse des résultats. Société de l'assurance automobile du Québec.
- Gaudry M & Wills M I (1977): Estimating the functional form of travel demand models. *Transportation Research* **12**(4):257-289.
- Hagen K-E (1997): Rullering av skadedelen i samfunnsøkonomisk regnskapssystem for trafikkulykker og trafikksikkerhetstiltak (SRT) for 1995. Arbeidsdokument TST/0823/97, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Jaeger L & Lassarre S (1997): Pour une modélisation de l'évolution de l'insécurité routière. Estimation du kilométrage mensuel en France de 1957 à 1993: méthodologie et résultats. Rapport DERA no 9709, Convention DRAST/INRETS, Strasbourg/Paris.
- Liem T, Dagenais M & Gaudry M (1993): LEVEL: the L-1.4 program for BC-GAUHESEQ regression - Box-Cox Generalized Autoregressive Heteroskedastic Single Equation models. Publication 510, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.
- Nedland K T & Lie T (1986): Offisiell statistikk over vegtrafikkulykker er ufullstendig og skjev. Notat 786, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Newbery D (1988): Road user charges in Britain. *Economic Journal* **98** (Conference 1988):161-176.
- NOS A 796: *Lastebiltransport 1973*. Oslo: Statistisk sentralbyrå
- NOS B 136: *Lastebiltransport 1978*. Oslo: Statistisk sentralbyrå
- NOS B 636: *Lastebiltransport 1983*. Oslo: Statistisk sentralbyrå
- NOS B 974: *Lastebiltransport 1988*. Oslo: Statistisk sentralbyrå
- NOS C 264: *Samferdselsstatistikk 1994*. Oslo: Statistisk sentralbyrå
- Nyborg K & Spangen I (1996): Politiske beslutninger om investeringer i veger. Notat 1026, Transportøkonomisk institutt, Oslo
- Odeck J (1991): Om nytte-kostnadsanalysenes plass i beslutningsprosessen i vegsektoren. *Sosialøkonomen* no 3:10-15
- Odeck J (1996): Ranking of regional road investment in Norway: Does socioeconomic analysis matter? *Transportation* **23**:123-140
- Opplysningsrådet for veitrafikken (1974): Bil- og veistatistikk 1974. Oslo: Grøndahl & Søn
- Opplysningsrådet for veitrafikken (1995): Bil- og veistatistikk 1995. Oslo: Falch Hurtigtrykk
- Peltzman S (1975): The effects of automobile safety regulation. *Journal of Political Economy* **83**:677-725.
- Rideng A (1996): *Transportytelser i Norge 1946-1995*. Rapport 331, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Tegnér G & Loncar-Lucassi V (1996): Tidsseriemodeller över trafik- och olycksutvecklingen. Transek AB, Stockholm.

Tegnér G (1998): Human behaviour and road traffic safety – a regional, Swedish long-term perspective: the DRAG Stockholm-2 model. Paper presentert ved The Fourth Annual Conference on Transportation, Traffic Safety and Health, Tokyo, October 21-22, 1998.

Vegdirektoratet (1995): Prognoser for NVVP 1998-2007. Veileder 4. Norsk veg- og vegtrafikkplan 1998-2007, Statens Vegvesen/Vegdirektoratet, Oslo.