

STF50 A07034 – Åpen

RAPPORT



Miljømessige konsekvenser av bedre veier

Tore Knudsen og Børge Bang

SINTEF Teknologi og samfunn

Veg- og transportplanlegging

Februar 2007

**SINTEF****SINTEF Teknologi og samfunn**
Veg- og transportplanleggingPostadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: S.P. Andersensv. 5
Telefon: 73 59 47 05
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Miljømessige konsekvenser av bedre veier

FORFATTER(E)

Tore Knudsen og Børge Bang

OPPDRAGSGIVER(E)

Opplysningsrådet for veitrafikken

RAPPORTNR. STF50 A07034	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REPRESENTANT Vilrid Femoen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN 978-82-14-04154	PROSJEKTNR. 503676	ANTALL SIDER OG BILAG 40 + 9
ELEKTRONISK ARKIVKODE Miljøkonsekvenser-sluttrapport-ver6.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Tore Knudsen <i>Tore Knudsen</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Dag Bertelsen <i>Dag Bertelsen</i>
ARKIVKODE	DATO 2007-02-28	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Eirik Skjetne <i>Eirik Skjetne</i>	

SAMMENDRAG

Prosjektet "Miljøkonsekvenser av bedre veier" er bygd opp omkring to hypoteser:

H1: Bedre veier fører totalt sett til mindre utslipp og er positivt for miljøet

H2: Manglende kapasitetsutvidelse i veisystemet er ikke egnet virkemiddel for å fremme lavere utslipp fra veisektoren

Med utgangspunkt i hypotesene har man utformet et forskningsopplegg basert på mikrosimulering av trafikkavviklingen på prototypiske veistrekninger og analyse av mulig trafikkvekst ved hjelp av de nyutviklede regionale transportmodeller som er modellverktøy utviklet i forbindelse med nasjonal transportplan. Fokusområder for mikrosimuleringen har vært drivstofforbruk og CO₂-utslipp samt utslipp av CO, NO_x og NMVOC.

Resultatene fra prosjektet viser at det er en nær sammenheng mellom veiutforming, trafikkavvikling og forurensende utslipp av avgasser og man kan i hovedsak bekrefte de innledende hypotesene. Man får store reduksjoner i utslipp når veiene utbedres eller erstattes av bedre veier slik at trafikken flyter jevnere.

For storbyer (eksempel Oslo) viser analysen av en overbelastet bymotorvei, som i ettersituasjonen får ett ekstra kjørefelt, at den opprinnelige trafikken får betydelig mindre utslipp, men at trafikkveksten på grunn av bedre trafikkflyt og kortere reisetider bidrar til å redusere miljøgevinsten. Dette viser at kapasitetsbegrensninger ikke er egnet virkemiddel for å redusere utslippene fra veitrafikken. Utslippene ville ha blitt vesentlig lavere dersom man kunne holde god flyt i trafikken. Derfor bør man ta i bruk andre virkemidler for å begrense transportetterspørselen, f.eks parkeringsregulering i de viktigste målområder for trafikken, veiprisning og adgangskontroll / regulering til de store inn- og utfartsveiene i de aller største byene (Oslo).

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel, Simulering	Transport, Simulation
GRUPPE 2	Infrastruktur, Transport, Utslipp, Vei	Infrastructure, Transport, Emission, Road
EGENVALGTE	Transportmodeller, Biltrafikk, Reisemiddelvalg	Transport Models, Car traffic, Mode choice
	Miljø	Environment

Forord

Opplysningsrådet for veitrafikken lanserte to hypoteser som grunnlag for dette prosjektet:

H1: Bedre veier fører totalt sett til mindre utslipp og er positivt for miljøet

H2: Manglende kapasitetsutvidelse i veisystemet er ikke egnet virkemiddel for å fremme lavere utslipp fra veisektoren

Det har vært vår utfordring å utforme et forskningsopplegg for å belyse disse hypotesene på en forsvarlig måte samt gjennomføre dette arbeidet.

Prosjektet har vært organisert med fagsjef Vilrid Femoen som hovedkontakt i Opplysningsrådet for veitrafikken. I prosjektets referansegruppe har følgende personer deltatt:

Rådgiver for Venstres stortingsgruppe Isak Oksvold, Stortinget
Teknisk / juridisk fagsjef Børre Skiaker, Kongelig Norsk Automobilklubb
Fagsjef informasjon Anne Lise Torgersen, Norges Lastebileier-Forbund

For øvrig har styreleder Gunnar Apeland og direktør Øyvind Solberg Thorsen i Opplysningsrådet for Veitrafikken deltatt i flere møter.

I SINTEFs prosjektgruppe har seniorforsker Tore Knudsen Ph.D. vært prosjektleder, forsker Børge Bang har vært prosjektmedarbeider med hovedansvar for trafikksimuleringen og seniorforsker Dag Bertelsen har hatt ansvaret for kvalitetssikringen.

I løpet av prosjektperioden har temaet for prosjektet fått økt aktualitet gjennom publisering av rapporten fra FNs klimapanel og den europeiske "Stern Review" som begge har satt fokus på den menneskelige atferd og hvordan den bidrar til å endre våre livsbetingelser, spesielt innenfor områder som luftkvalitet og klima. Vi har også registrert at flere konferansebidrag i løpet av prosjekttiden har tatt opp beslektede emner. Dette vitner om økt forskningsaktivitet innenfor dette området og fremhever temaets relevans. Det er vårt håp at denne rapporten kan bidra til økt forståelse av noen av de sammenhenger som finnes mellom veitransport og utslipp av avgasser til luft.

Oslo / Trondheim 1. mars 2007



Eirik Skjetne
Forskningsjef

INNHOLDSFORTEGNELSE

SUMMARY IN ENGLISH	4
1 Oppdraget og utredningsmetode.....	11
1.1 Oppdraget	11
1.2 Overordnet grep.....	11
2 Mikrosimulering	12
2.1 Generelt om mikrosimulering og valg av simuleringsverktøy	12
2.2 Prototypiske veistreknings	12
2.3 Trafikkgrunnlaget	13
2.4 Faktorer for angivelse av drivstoff-forbruk og utslipp.....	14
2.5 Egenskaper og begrensninger / svakheter ved mikrosimuleringsmodellene.....	15
2.5.1 Forbikjøring på tofeltsveier.....	16
2.5.2 Vegbredde og horisontalkurvatur.....	16
2.5.3 Stigninger	16
2.6 Gjennomføring og resultater	16
2.6.1 Alternativ 1: Smal, svingete tofeltsvei	17
2.6.2 Alternativ 2, Brukbar tofeltsvei med relativt stor trafikkbelastning	19
2.6.3 Alternativ 3, Overbelastet bymotorvei	21
2.7 Andre resultater fra trafikksimuleringen	23
2.7.1 Tungtrafikkens andel av utslippene.....	23
2.7.2 Utslipp fra den eldre del av kjøretøyene	24
2.7.3 Nye bilers andel av utslippene	25
3 Nyskapt trafikk samt overført trafikk fra kollektivtrafikken	27
3.1 Drivkrefter og trafikantreaksjoner.....	27
3.2 Ny trafikk: nyskapte turer og endret reisemiddelfordeling	28
3.2.1 Nyskapte turer	29
3.2.2 Endret reisemiddelfordeling.....	31
3.2.3 Modeller for valg av transportmiddel.....	32
4 Konklusjoner	35
4.1 Resultater fra trafikksimuleringen.....	35
4.2 Hovedresultater fra vurderinger og beregninger av nyskapt trafikk	35
4.2.1 Samlet vurdering av de enkelte strekninger; alternativ 1 og 2.....	36
4.2.2 Samlet vurdering av alternativ 3 "Overbelastet bymotorvei"	37
Litteraturliste	39
VEDLEGG	41

SUMMARY IN ENGLISH

The hypotheses

The project "Environmental consequences of better roads" was based on two hypothesis:

- H1: *Better roads lead to less emission from car traffic and are regarded as positive contribution to a sustainable environment*
- H2: *Restraining the capacity in the road network is an environmentally unsound measure to promote lower emission from road traffic*

In order to prove or disprove these hypotheses we performed traffic micro simulation on three prototypical road sections (alternatives 1a, 2a and 3a) with road improvements on each section (alternatives 1b, 2b and 3b). Sketches of these different road sections are shown in figure ES-1... ES-5 below.

The prototypical road sections

The first case (alternative 1a) is a narrow winding road with sharp curves which require slow speed and with narrow sections of the road which are only one lane with no passing possibilities. This road also passes through two small villages. The traffic on the road is 200 vehicles/hour.

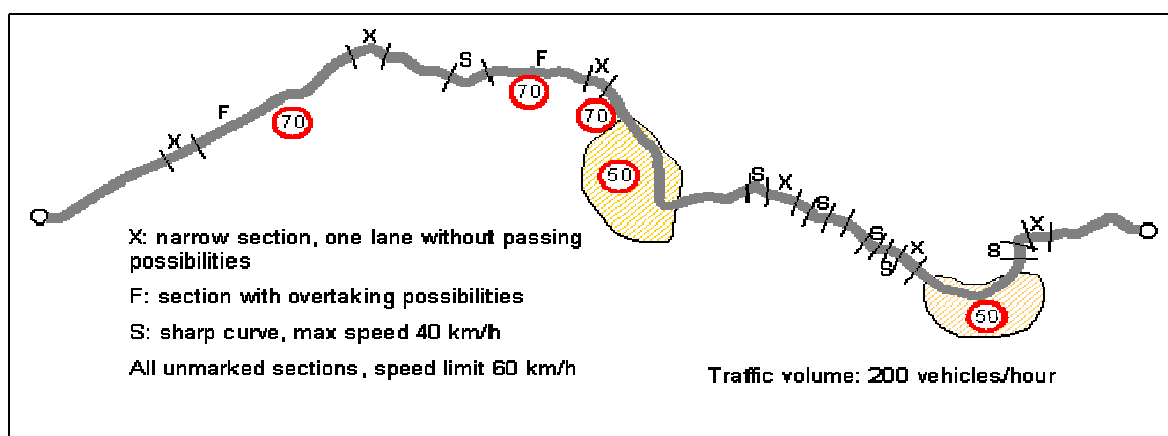


Figure ES-1: Alternative 1a, Narrow, winding two-lane road through two villages

This road is replaced by a more modern two-lane road which passes outside the two villages (alternative 1b). Traffic volume is still 200 vehicles/hour

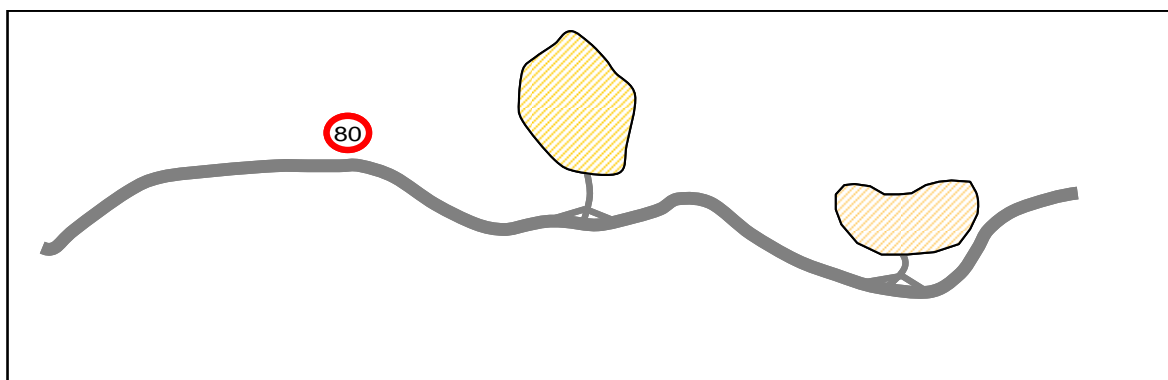


Figure ES-2: Alternative 1b, New two-lane road with satisfying alignment and lane width

The second case (alternative 2a) is a two-lane road of fair standard which goes through two villages, but traffic is approaching the capacity of such a road. Hourly volume is 1200 vehicles per hour.

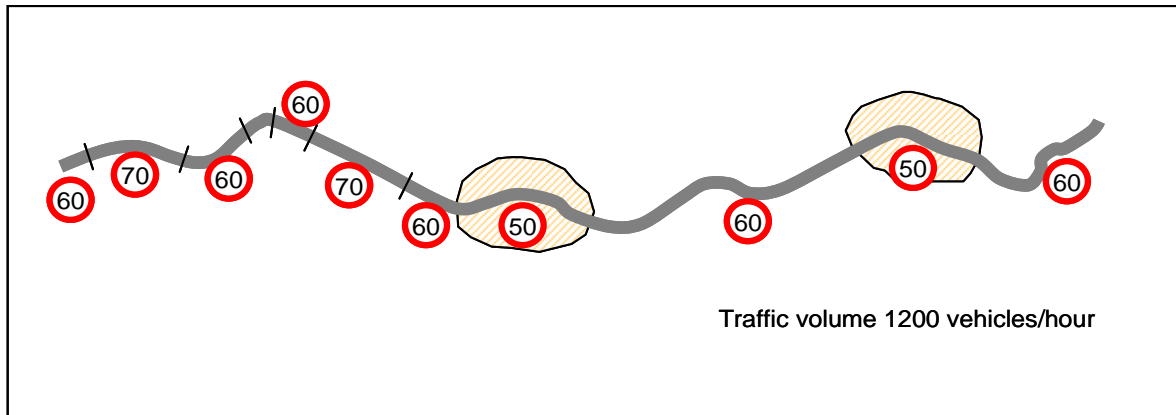


Figure ES-3: Alternative 2a, Two lane road with fair standard and ca 1200 vehivles/hour

This road is replaced by a four-lane motorway passing outside the two villages.

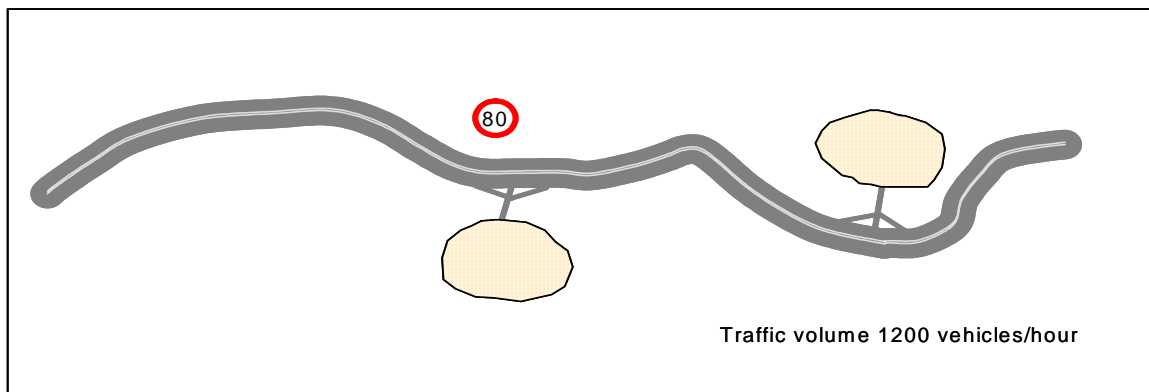


Figure ES-4: Alternative 2b, The four-lane motorway passing outside the two villages

The third case (alternative 3a) is a congested urban motorway which is an arterial in a large city. The traffic volume is 5000 vehicles/hour.

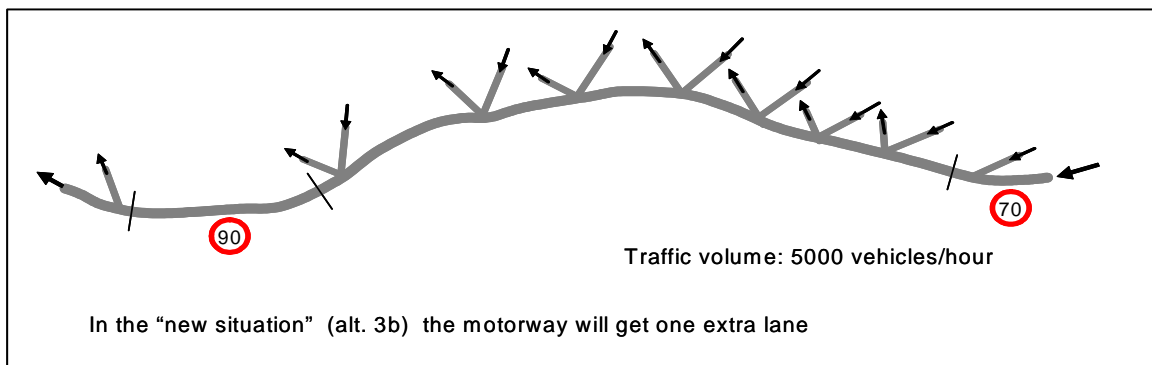


Figure ES-5: Congested urban motorway with several access and egress points

This motorway is expanded by one extra lane (alternative 3b)

The microsimulation

The simulations were performed with the same magnitude of traffic on the base alternative and the improved alternative for each case. The simulation tool was the AIMSUN simulation model and the model contained fuel consumption data and emission data for twenty different vehicle types. In this way we got calculated the environmental effects (emissions of CO, NO_x, NMVOC and CO₂) of better roads for the existing traffic. The results are shown in figures ES-6.... ES-8 below.

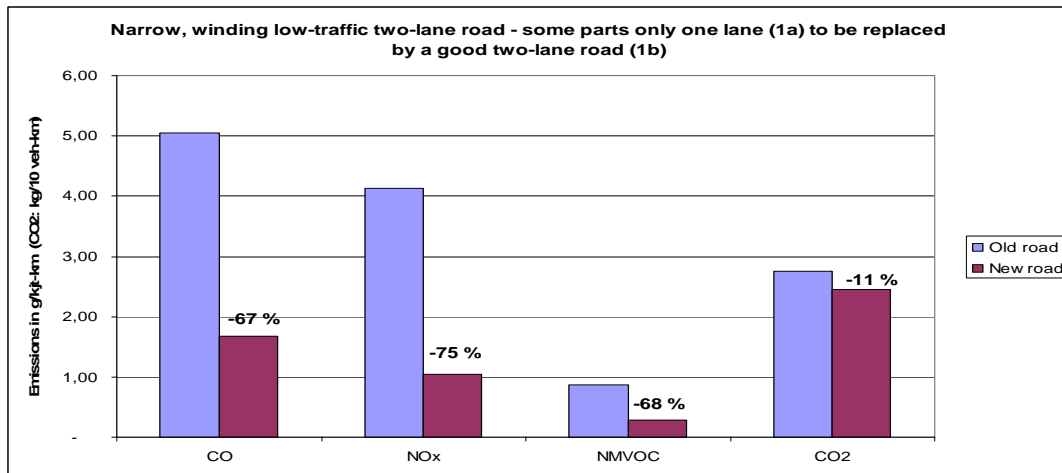


Figure ES-6: Emission results for alternative 1 “The narrow, winding two lane road, partly one-lane” (1a) being replaced by a modern two-lane road (1b) Traffic volume: 200 veh/hour

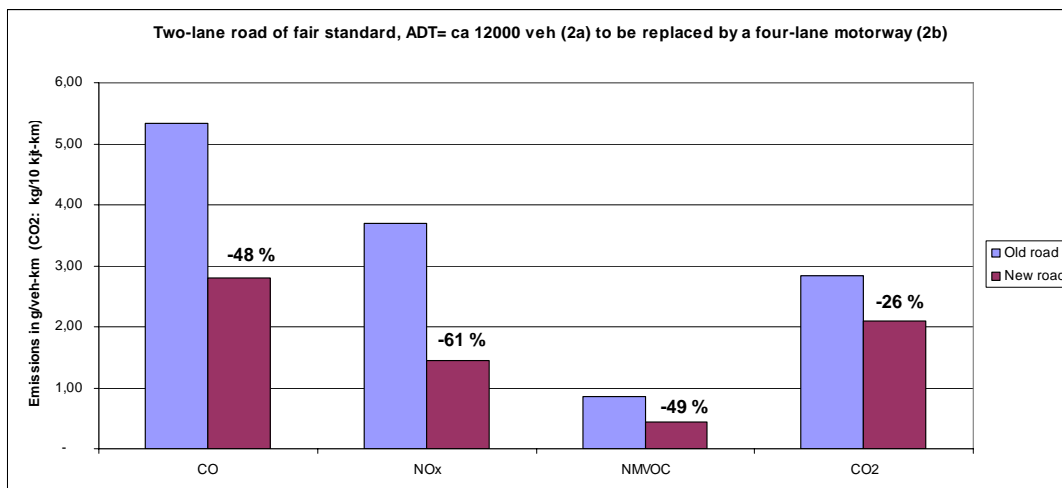


Figure ES-7: Emission results for alternative 2 “the two-lane road of fair standard” (2a) being replaced by a four-lane motorway (2b). Traffic volume: 1200 veh/hour

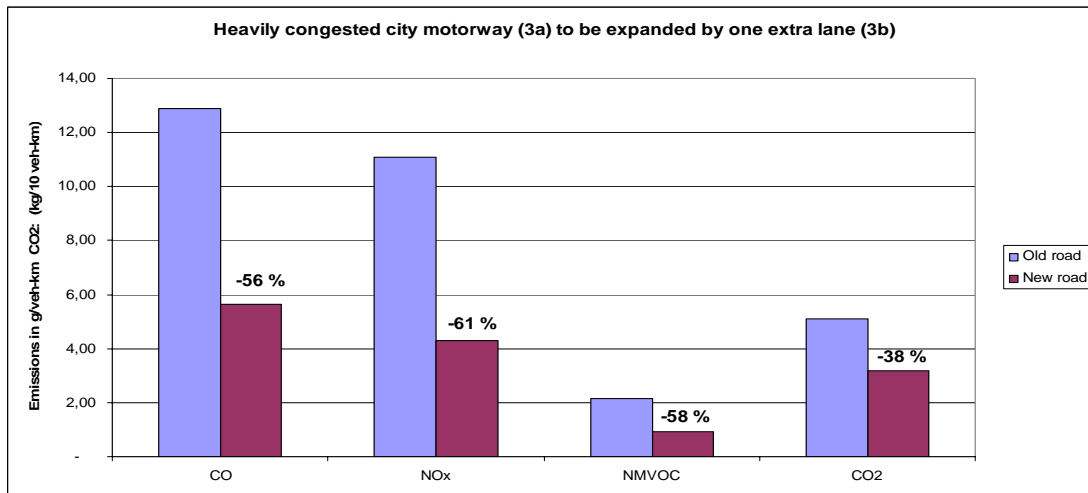


Figure ES-8: Emission results for alternative 3 “the congested urban motorway” (3a) being expanded by one extra lane (3b) Traffic volume: 5000 veh/hour

For all these three cases the simulation results show considerable reductions in the emissions from the existing road traffic. These results are also according to the hypothesis H1:

Better roads lead to less emission from car traffic and are regarded as positive contribution to a sustainable environment.

The question which remains is whether the new roads will generate some new traffic with additional emissions which again will reduce the environmental benefits we have achieved through the improved roads.

New traffic

According to the basic economic theory will the demand for travel increase if the travel cost (resistance) decreases. In the case of transport we usually express cost as generalized cost (sum of driving cost and time cost). In this case we do decrease the time cost and thus we may expect some increase in traffic.

If we observe traffic growth on a new road and ask what kind of “new traffic” are we watching, we can classify the growth according to the following types of traffic:

- i) change of driving route
- ii) change of time of travel
- iii) change of travel destination
-
- iv) change of travel mode
- v) new trips previously suppressed by the traffic conditions

The first three types are regarded as “environmentally friendly”. The changes do not usually result in worse conditions from an environmental point of view. On the other hand the last two types of market reactions will result in increased traffic if the change in road quality results in better driving conditions (decrease in generalized travel costs) and no other measures are imposed on the traffic. Except for “time of travel”, all the other market reactions are part of the standard “four-step transport model procedure”.

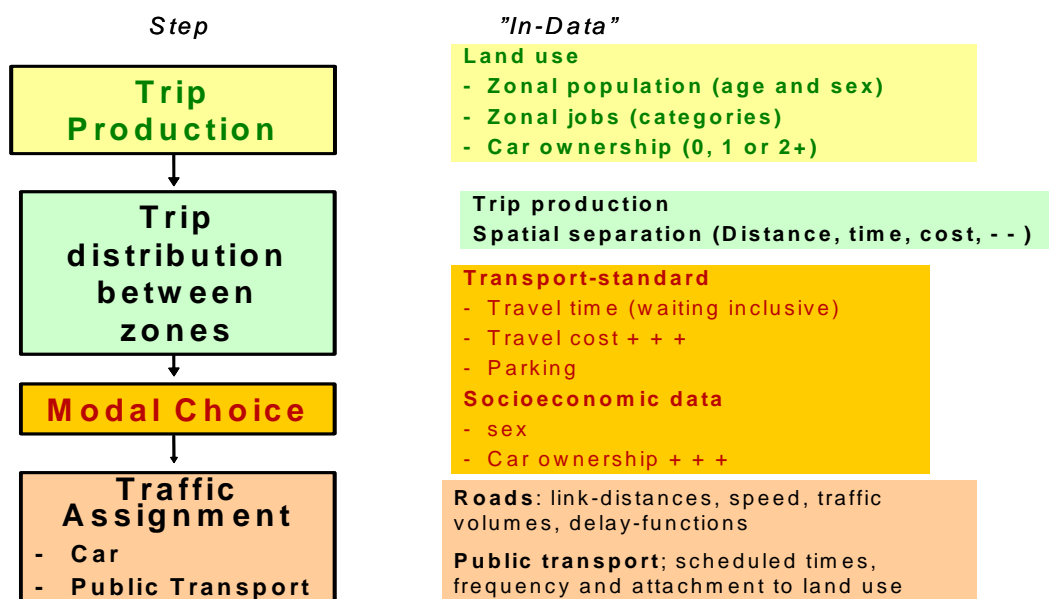


Figure ES-9: The four steps of the four-step transport model procedure

Basic trip production

According to numerous Norwegian travel surveys covering the whole or different parts of the country and years apart, the trip production has remained very stable with no significant variations. Thus there is no evidence that the average trip production will vary according to some measure of average traffic speed or average travel times.

Average trip production in different Norwegian travel surveys		
Area	Year	Trips/person&weekday
Trondheim	2001	3,28
Trondheim	1992	3,32
Trondheim	1990	4,12
Bergen	2000	3,62
Bergen	1992	3,62
Jæren	1998	3,64
Oslo	1990	3,57
Oslo	1984/85	3,79
Drammen	1990	3,62
Grenland	1990	3,20
Tromsø	1990	3,50
Norway	2005	3,60
Norway	2001	3,33
Norway	1998	3,41
Norway	1992	3,35

Table ES-1: Average trip production in Norwegian travel surveys

Even the Norwegian transport models have for a long time had a static trip production sub-model based on constant average trip production. Only a few models have had dynamic trip production sub-models where number of trips depend partly on the quality of the transport system. However, when these models are analysed we find that the dependency is very weak and variations in the

transport system hardly affect the resulting trip production. Thus we can consider that particular effect as negligible in this context.

Then one market reaction remains to be analysed and that is the mode choice.

The mode choice

The first two road section examples in the micro simulation study were two-lane roads which were substituted by better roads. In these cases public transport most often will be run by buses. Thus, an improvement of the roads will affect both the cars and the buses with very little influence on the mode choice of the users.

However, in the third case, the congested urban motorway with separate bus lanes, there will be a completely different situation if an extra lane is added to the motorway. This situation is analysed with respect to mode choice by applying the new regional transport models recently developed for Norwegian regions on an example similar to example three in the micro simulation study.

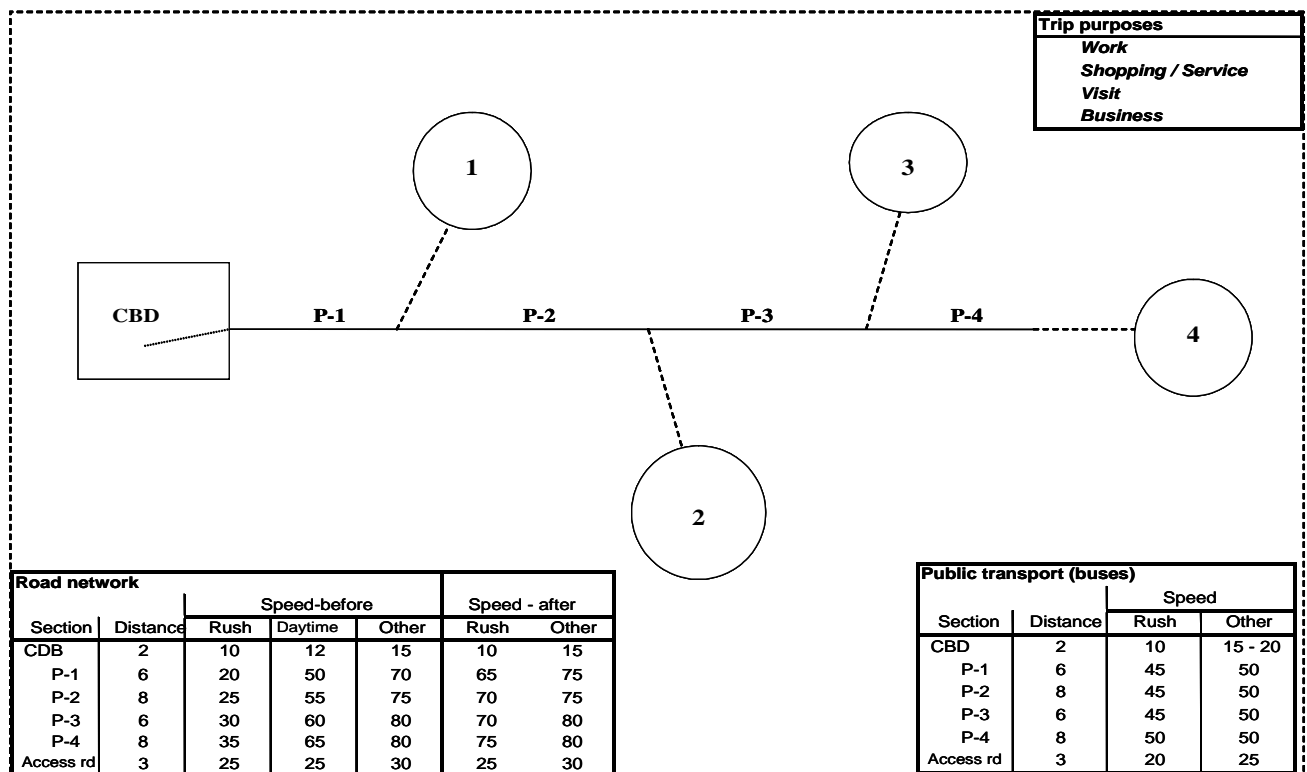


Figure ES-10: Example of an urban motorway for analysing mode choice

The results of the mode choice calculations for the before-/after-situations are shown in figure ES-11.

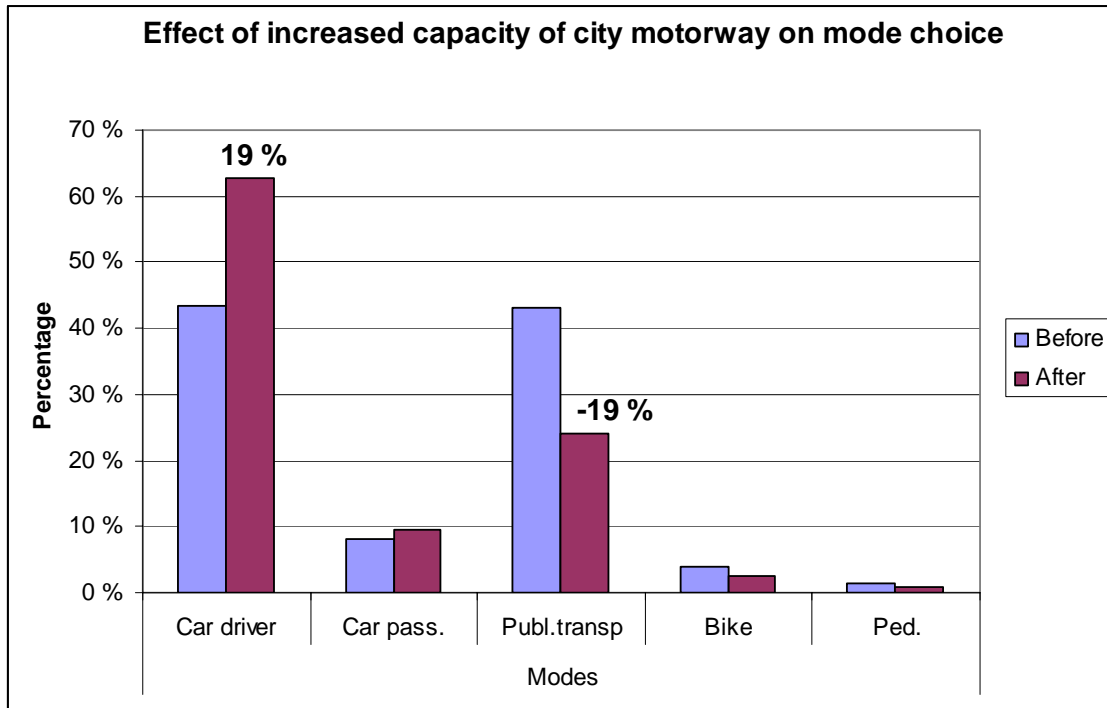


Figure ES-11: Effect of increased capacity of congested urban motorway on mode choice

The results of the study show that we get a substantial growth in car traffic when the capacity of the congested urban motorway is increased by one extra lane. An increase from 43% to 62% in use of car is actually ca 45% increase in car traffic and decrease from 43% to 24% in trips by public transport is ca 45% reduction in trips by public transport. In reality it will not be sufficient to increase the capacity with only one extra lane. Two or three extra lanes will be needed to get free flow on the motorway. In most large cities in Europe there will be a lack of both the economic resources, land space and political will to go for such a solution and the results more or less emphasizes the “old truth” that when cities are larger than a certain size, it is more or less impossible to solve the traffic problems by increasing the road capacities.

On the other hand the micro simulation results show clearly that lack of road capacity is not a feasible measure to restrict the use of cars. Congested roads generate much larger quantities of pollution than if the same number of cars could have travelled the same distance with a fairly steady speed of 50 – 80 km/h.

Conclusions

The conclusions based on the micro simulation study and the analyses based on use of transport models are very much according to the basic hypotheses for the study::

- i) Better roads in terms of better alignment, sufficient width and capacity which give the traffic the possibility to flow steadily lead to less emission from car traffic and are regarded as positive contribution to a sustainable environment
- ii) Restraining the capacity in the road network is an environmentally unsound measure to promote lower emission from road traffic.
- iii) Even on congested roads the measures should be directed towards improving the flow of traffic either by increasing the capacity or by use of some sort of demand management, for example parking regulations in the most relevant destination areas, access control to major roads and/or road pricing.

1 Oppdraget og utredningsmetode

1.1 Oppdraget

Prosjektet ”Miljøkonsekvenser av bedre veier” er bygd opp omkring to hypoteser:

H1: Bedre veier fører totalt sett til mindre utslipp og er positivt for miljøet

H2: Manglende kapasitetsutvidelse i veisystemet er ikke egnet virkemiddel for å fremme lavere utslipp fra veisektoren

Hypotese H1 kan deles i to underpunkter som viser to ulike årsak-virkningsskjeder:

- i) For eksisterende trafikk vil bedre vei gi bedre kjøreforhold og dermed sannsynligvis lavere drivstoff-forbruk og utslipp for de fleste trafikksituasjoner
- ii) Bedre vei vil gi mindre motstand mot å reise/transportere og dermed være en drivkraft for trafikkvekst. Dette vil kunne gi økte utslipp, men vil gi økt nytte knyttet til de nye trafikantene

Siden ett av virkemidlene for å skape en bedre vei er kapasitetsøkning vil hypotese H1 del ii) ha betydelige likhetstrekk med hypotese H2, men med motsatt ”vinkling”. Utreder vi derfor H1 i henhold til oppdelingen H1-i) og H1-ii) vil vi samtidig kunne belyse hypotese H2.

Oppdraget tar for seg viktige tema i miljødebatten og er i løpet av den siste måneden blitt ekstra aktuelt. I løpet av februar 2007 kom rapporten fra FNs klimapanel (1) og noen dager senere kom The Stern Review: The Economics of Climate Change (2), begge meget sentrale og viktige bidrag når det gjelder menneskeskapte klimapåvirkninger. I disse rapportene erkjenner man at de eksisterer og virkelig påvirker vårt klima samt påpeker muligheter til å gjøre noe med det. I denne sammenheng vil også dette oppdraget være en del av totalbildet når det gjelder å avdekke de mekanismer som påvirker de menneskeskapte utslipp av forurensende avgasser og kanskje bli et korrektiv til tidligere oppfatninger om aktuelle virkemidler.

1.2 Overordnet grep

Innledningsvis beskrev vi de to hypotesene som dette prosjektet er rettet mot. For å belyse disse hypotesene har vi tatt i bruk to utredningsmetoder;

- i) Bruk av mikrosimulering av trafikken (trafikksimulering) for å vurdere miljøeffekter i form av utslipp av avgasser ved ulike veistandard og trafikkforhold basert på eksisterende trafikkmengder
- ii) Bruke de regionale transportmodellene til å analysere mulig trafikkvekst som følge av bedre veistandard og økt veikapasitet

Bedre veier defineres i denne sammenheng som tiltak på veinettet som bidrar til, eller sørger for, bedre fremkommelighet og trafikkflyt på veinettet. Dette kan være forbedring av veiens geometriske og tekniske standard og det kan være økning av veiens kapasitet slik at man unngår køer og forsinkelser.

- 2a) Brukbar tofeltsveg med noe dårlig kurvatur og som går gjennom to tettsteder med redusert fartsgrense. Vegen er relativt hardt belastet med stor trafikk i forhold til veistandarden. Den simulerte timetrafikken er på ca 1200 kjt. som tilsvarer en ÅDT på 12 – 14 000 kjt. Dette gir tilløp til kødannelse og representerer det nivå i Vegnormalene som er skillete mellom tofeltsvei og behov for firefeltsvei.
- 3a) Bymotorvei som er klart overbelastet med meget stor trafikk. Veien er i simuleringmodellen belastet med en timetrafikk på ca 5000 kjt som tilsvarer ÅDT på 50 000 – 55 000 kjt

Alle disse situasjonene er velkjente fra det norske veinettet.

I ettersituasjonen innfører vi følgende endringer:

- 1b) Den smale svingete veien blir erstattet med en ny moderne tofeltsvei av god standard som går utenom tettstedene
- 2b) Den brukbare, men relativt sterkt belastede tofeltsveien blir erstattet med en ny firefeltsvei med god standard som går utenom de to tettstedene
- 3b) Bymotorveien blir utvidet med ett felt slik at den får bedre kapasitet til avvikle trafikken på en tilfredsstillende måte.

Gjennom analyse av disse tre scenariene skulle man få vist hvilken effekt på drivstoff-forbruk og utslipp fra veitrafikken veiutbedringer og kapasitetsøkninger vil ha for den eksisterende trafikken og dermed bidra til å belyse de sentrale hypotesene for prosjektet.

2.3 Trafikkgrunnlaget

Alle veiene blir belastet med trafikk som består av kjøretøy som er omtrent gjennomsnittet av den norske bilparken med hensyn til alder samt fordeling mellom lette og tunge kjøretøy (5).

Kjøretøyene er delt inn i totalt 20 grupper som vist i tabell 1.

Alder	Personbiler			Tunge kjøretøy			Sum tunge	Sum alle
	Bensin	Diesel	Sum pb.	3,5 – 7,5t	7,5–16t	> 16 t		
1–5 år	16,0%	7,2%	23,2%	2,2%	0,6%	1,7%	4,5%	27,7%
6-10 år	24,6%	3,6%	28,1%	1,8%	0,4%	1,2%	3,5%	31,6%
11-15 år	16,2%	1,7%	17,9%	0,8%	0,2%	0,4%	1,3%	19,2%
> 15 år	17,5%	1,3%	18,7%	1,4%	0,3%	0,9%	2,7%	21,4%
Sum	74,2%	13,8%	88,0%	6,2%	1,5%	4,3%	12,0%	100,0%

Tabell 1: Kjøretøytyper som inngår og deres andeler av den simulerte trafikken

Av tabellene fremgår det at man belaster de prototypiske veiene med 88 % lette biler og 12 % tunge biler. 13,8% av kjøretøyene er lette dieselmotorer mens 74,2% er bensindrevne personbiler. I alt 21,4 % av kjøretøyene er over 15 år gamle og den beregnede gjennomsnittsalderen er 9,8 år for lette biler, 11 år for tunge biler og for hele bilparken ca 10,2 år. Til sammenligning kan nevnes at land som Sverige, England, Tyskland, Frankrike og Italia alle har en gjennomsnittsalder for kjøretøybestanden på mellom 7 og 9 år (5).

2.4 Faktorer for angivelse av drivstoff-forbruk og utslipp

Det har i løpet av de siste 20 år skjedd en relativt stor teknologisk utvikling når det gjelder kjøretøyenes drivstoff-forbruk og utslipp av skadelige stoffer fra trafikken.

I simuleringsmodellen lå det standardverdier for drivstoff-forbruk og utslipp. Vi ble imidlertid ganske raskt klar over at disse ikke kunne brukes for vårt formål av følgende årsaker:

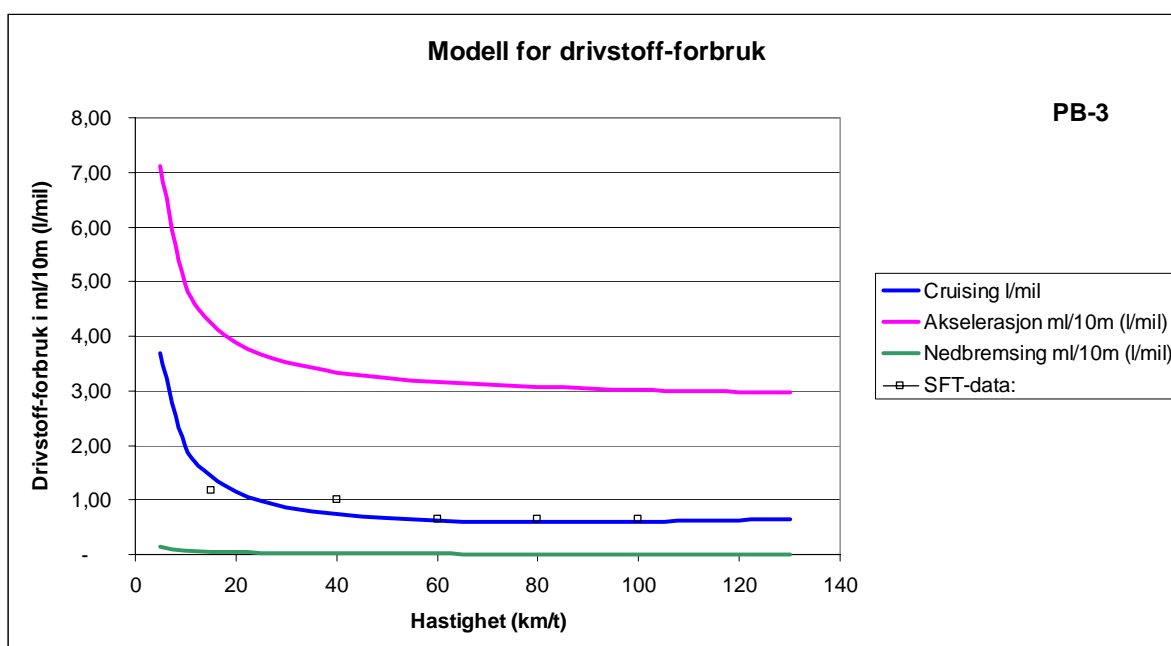
- i) Standardverdiene var fra begynnelsen av 1990-årene og var sterkt foreldet med hensyn til den teknologiske utviklingen
- ii) Standardverdiene gjaldt for gjennomsnittet av en ukjent bilpark mens vi ønsket å operere med 20 ulike kjøretøygrupper med ulike egenskaper.

For både drivstoffmodellen og utslippsmodellen har vår viktigste referanse vært publikasjonen SFT-rapport 99:04 "Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater" (6). I tillegg har vi forsøkt å verifisere disse data med data fra ulike andre kilder (7, 8). Vi har valgt å la basisegenskapene for hver biltype og aldersgruppe tilfredsstillende kravene fra EU på det tidspunkt bilen var ny og deretter justert disse egenskapene med en foreldelsesfaktor. Ut fra dette prinsippet har vi lagt oss på følgende struktur for de valgte utslippskoeffisienter:

Alder	Personbiler	Tunge kjøretøy
1 – 5 år	98/69/EF-trinn1	Euro III
6 – 10 år	94/12/EC, 96/69 EC	Euro II (91/542/EEC,B)
11 – 15 år	US-83 og 93/59/EEC	Euro I (91/542/EEC,A)
> 15 år	ECE 15-03 og ECE 15-03/04	Før 93-krav

Tabell 2: Utslippskrav relatert til ulik alder for personbiler og tunge kjøretøy (6).

I figur 1 er vist et grafisk bilde av drivstoffmodellen i Aimsun (3, 4). Disse kurvene vil variere for hver av de 20 kjøretøykategoriene.



Figur 1: Grafisk fremstilling av drivstoffmodellen i Aimsun

Drivstoffmodellen som er presentert i figur 1 gjelder for personbiler mellom 11 og 15 år gamle og er tilpasset data fra SFT som er de punktene som ligger ved den blå / midterste kurven.

Kurveformen er gitt av modellstrukturen som er en del av simuleringsmodellen, men den kan tilpasses gjennom å velge de mest relevante parameterverdier ut fra dataene fra SFT.

Utslippsmodellen beskrives gjennom et sett av utslippskoeffisienter som beskriver egenskapene til hver av de 20 kjøretøygruppene. For disse gruppene har vi som tidligere nevnt i hovedsak basert oss på de gjeldende EU-krav i det tidsrom kjøretøyene var nye og korrigert disse med en foreldelsesfunksjon angitt i vår hovedreferanse (6). De utslipp som tas med i utslippsberegningene er Kullos (CO), Nitrogenoksyder (NO_x) og Flyktige hydrokarboner (NMVOC). I tillegg vil vi beregne CO₂-utslippet på grunnlag av forbrukt drivstoff.

For å angi drivstoffmodell og utslippsmodell til Aimsun-modellen ble det laget et data-ark for hver kjøretøytype. Disse finnes komplett i vedlegg og et eksempel er vist i tabell 3.

Utslippsdata organisert for innlegging i Aimsun				
PERSONBILER - bensin		Korrigert for aldring og omregnet til g/s		
Undergruppe: 1 - 5 år		Enhet: g/s		
Utslippskoeffisienter				
	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing	
CO	0,003	0,016	0,003	
NO _x	0,0006	0,0042	0,0004	
NMVOC	0,0005	0,0015	0,0005	
Jevn kjøring (cruising)				
Hastighet (km/t)	CO	NO _x	NMVOC	
<30	0,0035	0,0006	0,0005	
30 - 50	0,0044	0,0009	0,0006	
50 - 70	0,0038	0,0013	0,0004	
>70	0,0018	0,0024	0,0006	
Drivstoffforbruk				
	ml/s			
Fi (tomgang)	0,2	F1 (ved 90 km/t)	5,4	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,44	F2 (ved 120km/t)	6,1	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,28	Fd (ved oppbremsing)	0,35	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		60	km/t	

Tabell 3: Eksempel på data-ark for parameterverdier i drivstoff- og utslipps-modellene som ble utviklet for hver kjøretøytype

2.5 Egenskaper og begrensninger / svakheter ved mikrosimuleringsmodellene

Selv om mikrosimuleringsmodeller er utviklet for i størst mulig grad å kunne etterligne virkelig trafikkavvikling så har de fremdeles visse svakheter. Dette er svakheter som ikke gjelder spesielt for den valgte simuleringsmodellen, men det er generelle svakheter som gjelder for alle de vanligste og mest benyttede simuleringsmodeller.

2.5.1 Forbikjøring på tofeltsveier

De simuleringsmodeller som er i bruk har alle den egenskap at kjøretøyene ikke kan foreta forbikjøringer på to-feltsveier. Dersom de tar igjen et kjøretøy vil de være nødt til å tilpasse hastigheten til kjøretøyet foran.

Dette er en egenskap ved modellene som var litt uheldig for vårt formål. Vi løste dette ved å vurdere hvor på den aktuelle veistrekningen det var reelle forbikjøringsmuligheter og la der på et fiktivt ekstra kjørefelt. Dette feltet ble gjort tilgjengelig for forbikjøring dersom det ikke var møtende trafikk på strekningen. På denne måten ble det mulig å foreta forbikjøringer selv om modellen i prinsippet ikke kunne håndtere dette på generell basis.

2.5.2 Vegbredde og horisontalkurvatur

Veiens horisontalkurvatur er, for å si det enkelt, slik veien fortoner seg på et kart. Horisontalkurvaturen består av tre elementer ”rettlinje”, ”sirkelkurve” og overgangskurver mellom rettlinjen og sirkelen (klotoider).

Hastighetsvalget til kjøretøyene i simuleringsmodellen påvirkes i utgangspunktet ikke av vegbredden eller horisontalkurvaturen. Disse forhold vil derfor heller ikke hindre møtende biler i ”å kjøre rett gjennom hverandre” dersom vegbredden skulle være for smal for passering. Dette var egenskaper ved simuleringsmodellene som vi ikke kunne akseptere og som vi måtte finne metoder for gjenskape mer virkelige forhold for.

På de dårligste vegene med krappe kurver forutsatte vi at kjøretøyene ville holde forsvarlig hastighet og satte en fartsgrense som samsvarte med denne hastigheten. Siden kjøretøyene i hovedsak respekterer fartsgrensen vil de senke farten gjennom kurven til det trygge fartsnivået. Dog vil noen kjøretøy, av mangel på respekt for fartsgrensen, ha en hastighet som er noe høyere.

Der hvor vegbredde var for smal til at to kjøretøy kunne møtes la vi inn en detektor på kritiske punkter på begge sider av strekningen og når en av detektorene registrerte et kjøretøy ble motgående kjørefelt stengt for trafikk inntil den første bilen hadde passert. På denne måten fikk vi frem samme effekt som om modellen selv hadde tatt hensyn til for smal vei.

Forholdene med for smal vegbane og krappe kurver gjelder kun det aller dårligste alternativet av de prototypiske veistrekningene (alternativ 1a)

2.5.3 Stigninger

Stigninger er heller ikke tatt godt vare på i simuleringsmodellen. Når det gjelder trafikkavviklingen og kjøretøyenes evne til å akselerer så ivaretas dette av modellen. Men den gir ikke korrekte utslag på drivstoff-forbruk og utslipp av avgasser. Det skal derfor presiseres at de resultater som blir presentert som følge av trafikksimuleringene ikke inneholder effekt av stigninger og fall. Det er grunn til å tro at dersom modellen kunne ta hensyn til stigninger og fall ville dette ha forsterket de resultater vi har fått.

2.6 Gjennomføring og resultater

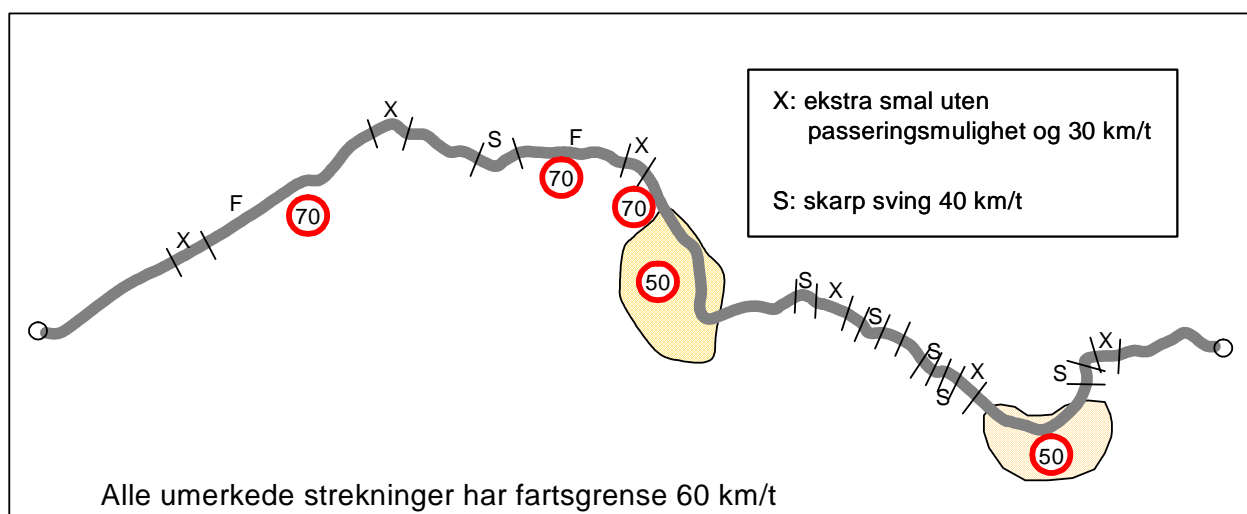
Hensikten med mikrosimuleringen er som tidligere nevnt å studere hvilken effekt veistandarden har på trafikkavviklingen og deretter på drivstofforbruk og utslipp av avgasser for eksisterende trafikk.

Mikrosimuleringen ble gjennomført ved å simulere trafikkavviklingen på tre alternative veistrekninger som er våre hovedalternativ. Hvert av disse hovedalternativene er i utgangspunktet beheftet med visse svakheter som transportårer, ikke ulikt det veinett vi daglig ferdes på.

Hver simuleringskjøring dekker trafikkavviklingen i en time og for hver veistrekning foretas ti slike en-times simuleringer. Det er gjennomsnittsverdier for disse ti simuleringene som brukes som simuleringsresultater.

2.6.1 Alternativ 1: Smal, svingete tofeltsvei

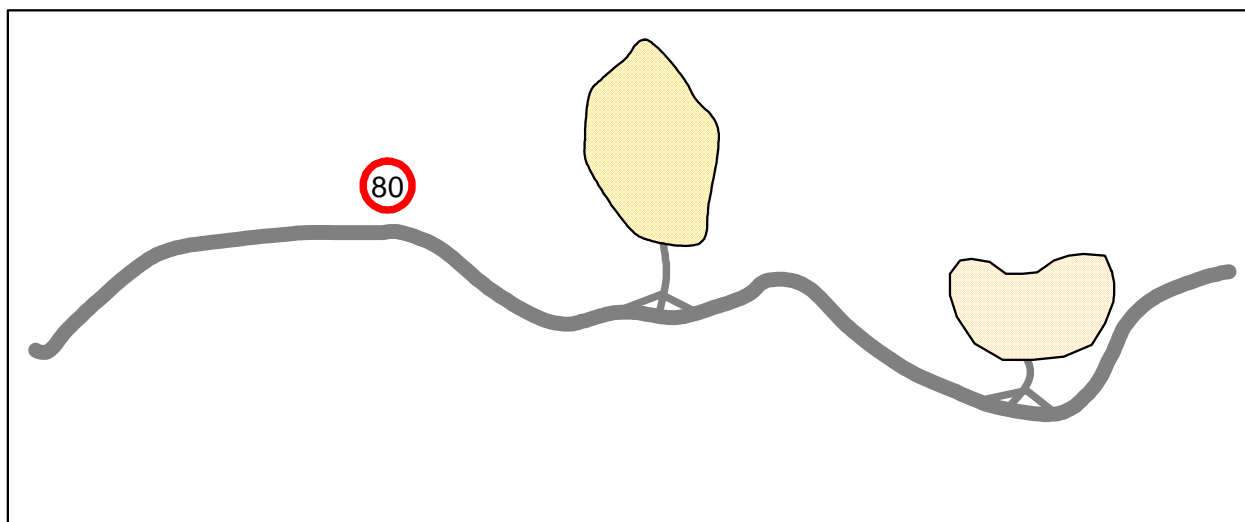
Dette alternativet har en meget dårlig veistandard, men har også relativt liten trafikk. Vi belaster denne veien med en timetrafikk på 200 kjt/time noe som tilsvarer en årsdøgntrafikk (ÅDT) på ca 2000 – 2200 kjt/døgn.



Figur 2: Alternativ 1a, Smal, svingete tofeltsvei (ett felt på enkelte strekninger)

En slik veistandard vil forårsake at en del kjøretøy må stoppe for møtende trafikk på de smale strekningene (merket X), respektere ulike fartsgrenser og senke farten på grunn av skarpe svinger.

I ettersituasjonen erstattes denne veien av en mer moderne tofeltsvei som er lagt utenom tettstedene med brukbar bredde og linjeføring.



Figur 3: Alternativ 1b, God tofeltsvei som går utenom tettstedene

Her er det kun en hastighetsgrense og med den brukbare linjeføringen bør trafikantene være i stand til å holde jevn hastighet over hele strekningen. Linjeføringen som er hentet fra den nye E-39 mellom Øysand og Orkanger i Sør-Trøndelag har imidlertid ingen forbikjøringsmuligheter på disse ca 20 kilometerne.

Simuleringsresultater

Trafikksimuleringen på disse to veialternativene ga følgende resultater for drivstofforbruk og gjennomsnittshastigheter

Drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet: alternativ 1a					
Alder	Personbiler		Tunge kjøt (diesel)		
	Bensin	Diesel	3,5 - 7,5 t	7,5 - 16 t	> 16 t
1 - 5 år	0,74	0,61	1,70	2,53	3,75
6 - 10 år	0,78	0,70	1,82	2,95	4,04
11 - 15 år	0,89	0,73	2,13	2,81	4,06
> 15 år	0,93	0,86	2,36	3,42	4,37
Gjennomsnittshastighet			49,4 km/t		

Drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet: alternativ 1b					
Alder	Personbiler		Tunge kjøt (diesel)		
	Bensin	Diesel	3,5 - 7,5 t	7,5 - 16 t	> 16 t
1 - 5 år	0,64	0,56	1,61	2,35	3,33
6 - 10 år	0,67	0,61	1,67	2,72	3,34
11 - 15 år	0,73	0,62	1,90	2,34	3,84
> 15 år	0,76	0,69	2,49	2,93	4,03
Gjennomsnittshastighet			69,6 km/t		

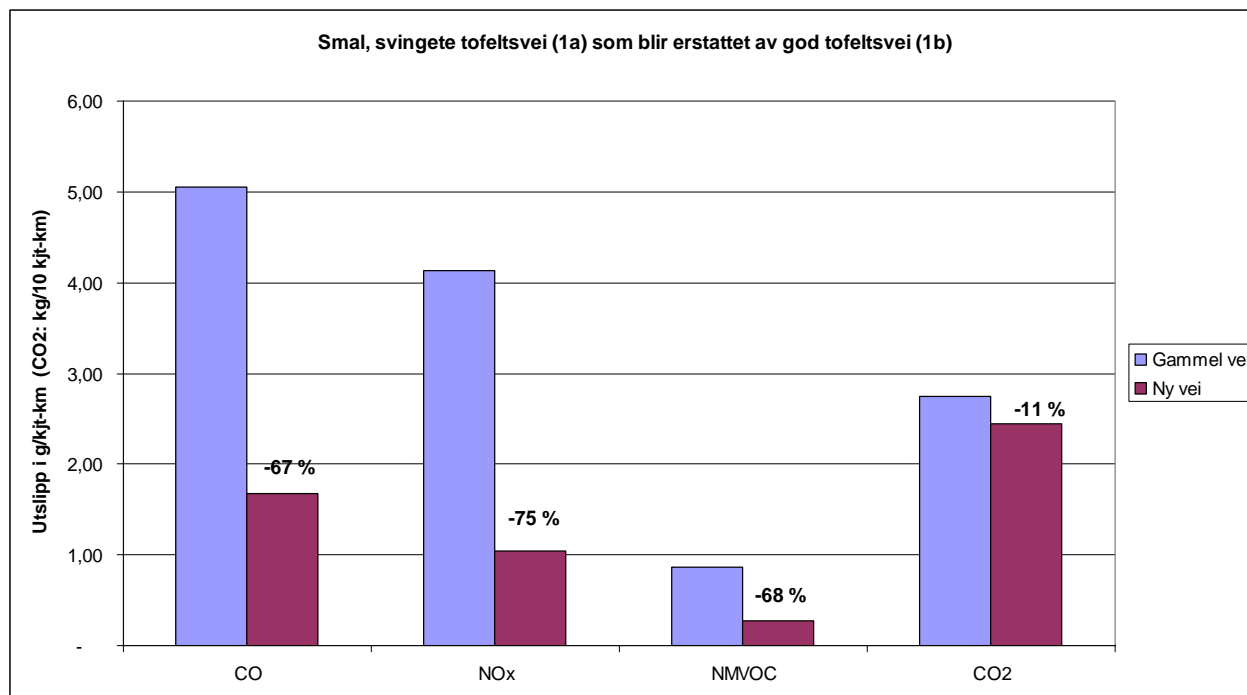
Tabell 4: Simuleringsresultater (drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet) for hovedalternativ 1

En gjennomgang av resultatene forteller at de virker logisk riktige. Drivstofforbruket for dieselbilene er lavere enn for personbilene og de tunge kjøretøyene forbruker mer drivstoff enn de lette med størst forbruk for de tyngste kjøretøyene. Drivstofforbruket øker også med alderen på kjøretøyet idet nye, moderne biler forbruker mindre drivstoff enn de eldre.

Drivstofforbruket på den nye veien er lavere enn på den gamle veien for alle bortsett fra en kjøretøytype (tunge kjøt, 3,5 - 7,5t, >15år). Dette skyldes nok en tilfeldighet knyttet til de stokastiske egenskapene til simuleringsmodellen og er ikke et systematisk resultat.

Forskjellen i gjennomsnittshastighetene på de to veialternativene virker også logisk riktige.

Når det gjelder utslippene fra kjøretøyene har vi funnet det mest riktig å oppgi disse i g/kjt-km for CO, NO_x og NMVOC og i kg/10*kjt-km for CO₂. Årsaken til den valgte enheten for CO₂-utslippene er at de da får en dimensjon som gjør det lettere å fremstille resultatene i samme figur.



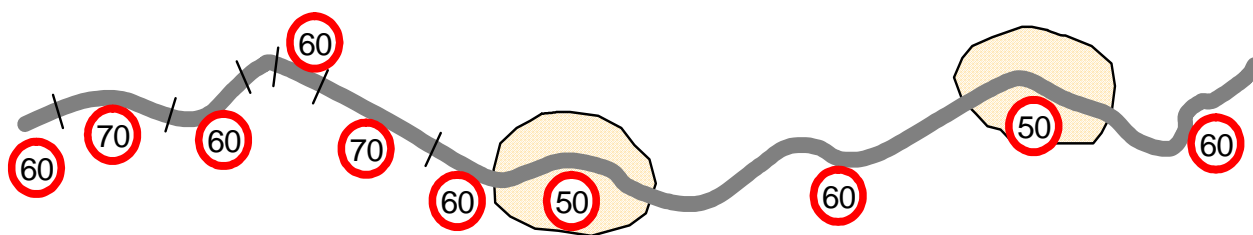
Figur 4: Utslipp av avgasser fra trafikken på ”smal, svingete tofeltsvei” (alt. 1a) som blir erstattet av ”god tofeltsvei” (alt. 1b) - Hovedalternativ 1.

Figur 4 viser resultatene fra trafikksimuleringen for hovedalternativ 1 som er den smale, svingete tofeltsveien som på delstrekninger har bare ett felt og som blir erstattet av en god tofeltsvei. Resultatene viser relativt store reduksjoner i utslippene av CO, NO_x og NMVOC, i størrelsesorden 70 % reduksjon. For klimagassen CO₂ blir den beregnede reduksjonen ca 10 % som er proporsjonal med reduksjonen i drivstofforbruket.

Dette er en klar indikasjon på at bedre veier kan bidra positivt til lavere utslipp og dermed til et bedre miljø. Der hvor man finner slike veier som dette i Norge er det normalt heller ikke noen stor konkurranseflate mot kollektivtrafikken som for øvrig ofte bruker samme veinett, slik at en veitutbedring ikke vil føre til noen trafikkøkning. Det samme vil også gjelde for godstransportene. Slike veier konkurrerer vanligvis ikke med jernbane- eller båt-transportene da de i stor grad finnes i mer grisgrendte strøk og er ikke en del av det overordnede hovedveinettet. Problemstillingen med mulig nyskapt trafikk behandles for øvrig nærmere i kapittel 3.

2.6.2 Alternativ 2, Brukbar tofeltsvei med relativt stor trafikkbelastning

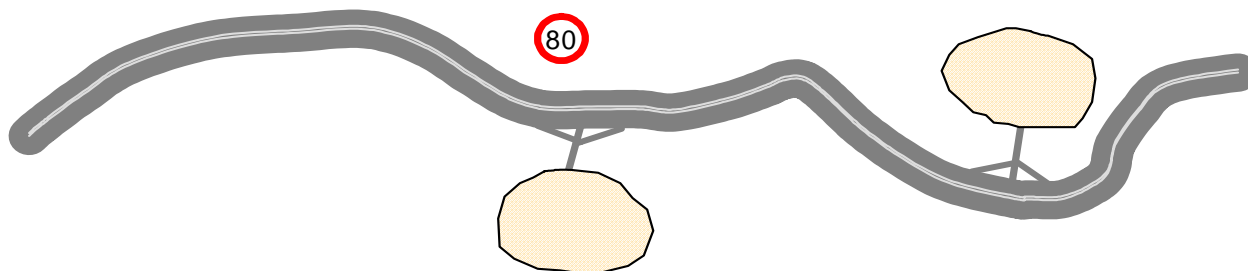
Dette alternativet er en relativt brukbar tofeltsvei som går gjennom to tettsteder med redusert hastighet (fartsgrense 50 km/t). Som mange tofeltsveier i Norge har også denne veien ganske stor trafikk. Timetrafikken er ca 1200 kjt/t noe som tilsier en årsdøgntrafikk på 12 000 – 14 000 kjt/døgn. I forslaget til nye Vegnormaler (9) som kommer i løpet av året er grenseverdien for valg mellom to- og fire-feltsvei satt til ÅDT = 12000 kjt.



Figur 5: Alternativ 2a, Brukbar tofeltsvei gjennom to tettsteder og med relativt stor trafikkbelastning

En slik vei med så høy trafikkbelastning vil nok tidvis ha dårlig fremkommelighet med små forbikjøringsmuligheter og betydelig grad av kjøring uten at trafikken vil stoppe helt opp i særlig grad. Det kan imidlertid bli en del kortere stopp og perioder med lave hastigheter.

Denne veien er tenkt erstattet med en firefeltsvei utenom tettstedene og med motorvei standard.



Figur 6: Alternativ 2b, Ny firefeltsvei utenom tettstedene med motorvei standard

Simuleringsresultater

Drivstofforbruk og gjennomsnittshastigheter for de to alternativene er gjengitt i tabell 5.

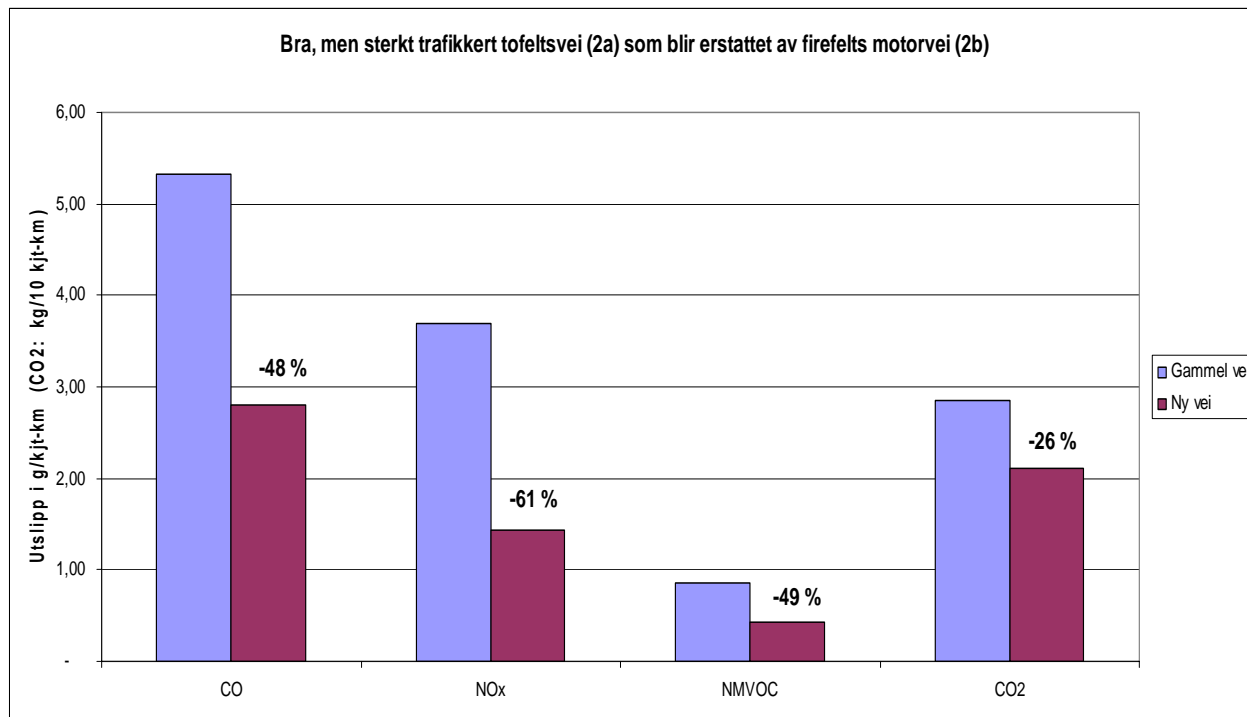
Drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet: alternativ 2a					
Alder	Personbiler		Tunge kjøretøyer (diesel)		
	Bensin	Diesel	3,5 - 7,5 t	7,5 - 16 t	> 16 t
1 - 5 år	0,77	0,64	1,83	2,82	4,09
6 - 10 år	0,84	0,75	1,83	2,84	4,09
11 - 15 år	0,90	0,78	2,07	2,88	4,75
> 15 år	0,98	0,89	2,65	3,52	4,70
Gjennomsnittshastighet			48,6 km/t		

Drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet: alternativ 2b					
Alder	Personbiler		Tunge kjøretøyer (diesel)		
	Bensin	Diesel	3,5 - 7,5 t	7,5 - 16 t	> 16 t
1 - 5 år	0,59	0,51	1,46	2,11	2,92
6 - 10 år	0,61	0,55	1,48	2,24	2,96
11 - 15 år	0,66	0,57	1,69	2,41	3,35
> 15 år	0,69	0,64	2,01	2,65	3,48
Gjennomsnittshastighet			75,2 km/t		

Tabell 5: Simuleringsresultater (drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet) for hovedalternativ 2

Igjen virker resultatene logisk riktige og indikerer at simuleringsmodellen fungerer tilfredsstillende.

Utslippene av avgasser fra trafikken på de to veialternativene er vist i figur 7.



Figur 7: Utslipp av avgasser fra trafikken på ”brukbar, men sterkt trafikkert tofeltsvei” (alt. 2a) som blir erstattet av ”firefeltsvei med motorvei standard” (alt. 2b) - Hovedalternativ 2.

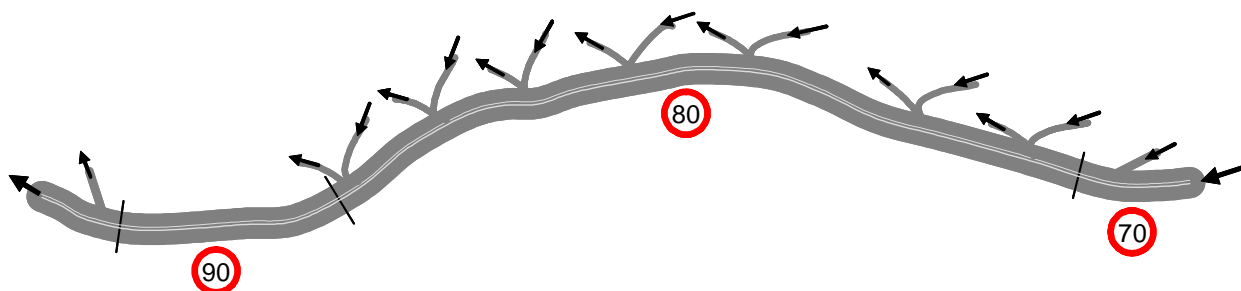
Også i denne vei- og trafikk-situasjonen gir en stor veiforbedring betydelige positive miljøeffekter med reduksjoner i utslippene av CO, NO_x og NMVOC på i størrelsesorden 50 – 60 %. Klimagassen CO₂ blir redusert med ca 25 % i dette tilfellet.

Når det gjelder eventuell nyskapt trafikk vil det bli drøftet i kapittel 3.

2.6.3 Alternativ 3, Overbelastet bymotorvei

Vårt tredje hovedalternativ dreier seg om en overbelastet bymotorvei som er innfartsåre til en meget stor by (f eks Oslo). Denne belastes med en timetrafikk på ca 5 000 kjt/t. Dette tilsvarer en årsdøgntrafikk (ÅDT) på ca 50 000 – 55 000 kjt/døgn. Trafikksituasjonen er preget av køer og store forsinkelser med ”stop-and-go” forhold over store deler av strekningen.

Siden dette er en bymotorvei har den mange på- og av-kjørsler.



Figur 8: Bymotorvei / innfartsåre til meget stor by (f eks Oslo) med meget stor trafikk - hovedalternativ 3

I ettersituasjonen er motorveien utvidet med ett ekstra felt.

Simuleringsresultater

Basisresultatene fra trafikksimuleringen knyttet til drivstofforbruk og gjennomsnittshastigheter er gjengitt i tabell 6:

Drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet: alternativ 3a					
Alder	Personbiler		Tunge kjøretøyer (diesel)		
	Bensin	Diesel	3,5 - 7,5 t	7,5 - 16 t	> 16 t
1 - 5 år	1,28	1,05	3,54	5,02	8,19
6 - 10 år	1,41	1,24	3,63	4,82	8,53
11 - 15 år	1,50	1,30	4,69	5,21	7,81
> 15 år	1,72	1,58	5,17	6,78	9,76
Gjennomsnittshastighet			32,4 km/t		

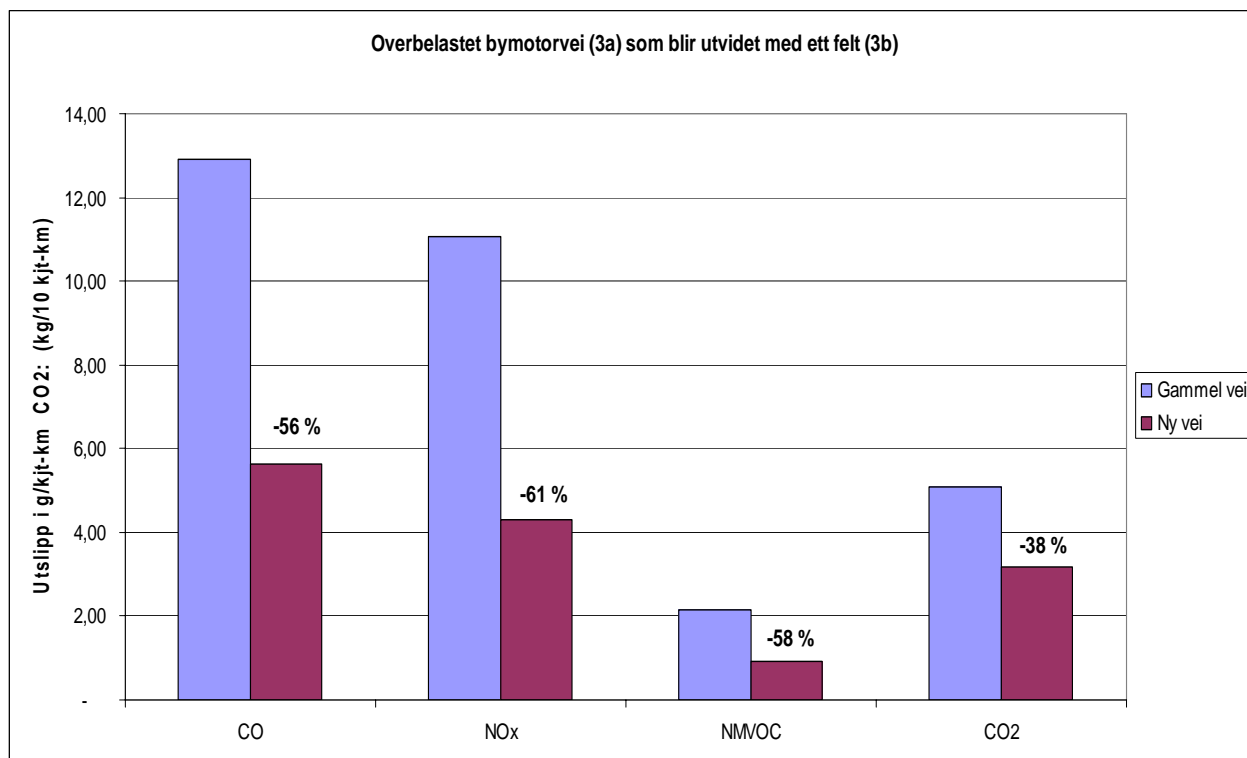
Drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet: alternativ 3b					
Alder	Personbiler		Tunge kjøretøyer (diesel)		
	Bensin	Diesel	3,5 - 7,5 t	7,5 - 16 t	> 16 t
1 - 5 år	0,87	0,73	2,03	3,06	4,43
6 - 10 år	0,98	0,88	2,04	2,84	4,74
11 - 15 år	1,05	0,92	2,30	2,98	4,19
> 15 år	1,15	1,06	2,70	3,98	5,15
Gjennomsnittshastighet			54,7 km/t		

Tabell 6: Simuleringsresultater (drivstofforbruk og gjennomsnittshastighet) for hovedalternativ 3

Også i dette tilfellet virker resultatene logisk riktige. Vi legger merke til at gjennomsnittshastigheten på motorveien i utgangssituasjonen var nede på ca 32 km/t. Det vitner om en sterkt overbelastet motorvei. Resultatene fra simuleringen viser for øvrig at selv om vi forsøkte å belaste motorveien med 5 000 kjøretøyer/t så klarte ikke veien å avvikle så mye trafikk. De avviste kjøretøyene ble derfor stående som køer utenfor det veinettet som ble benyttet ved simuleringen. Den reelle gjennomsnittshastigheten for alle kjøretøyene er derfor vesentlig lavere enn 32 km/t som var gjennomsnittshastigheten for den trafikken som klarte å komme inn på motorveien.

I ettersituasjonen er gjennomsnittshastigheten økt til ca 55 km/t. Det betyr at trafikken fremdeles er ganske tett med det vi kan kalle "noe redusert" trafikkavvikling.

Utslippene fra trafikken på motorveien er vist i figur 9.



Figur 9: Utslipp av avgasser fra trafikken på "overbelastet bymotorvei" (alt. 3a) som blir utvidet med "ett ekstra felt" (alt. 3b) - Hovedalternativ 3.

Også for dette hovedalternativet gir utbedringen av motorveien i form av ett ekstra felt stor reduksjon i utslippene av CO, NO_x og NMVOC (ca 60 %) og i utslippene av CO₂, 35 – 40 %. Dette er reduksjoner av utslippene fra den eksisterende trafikken.

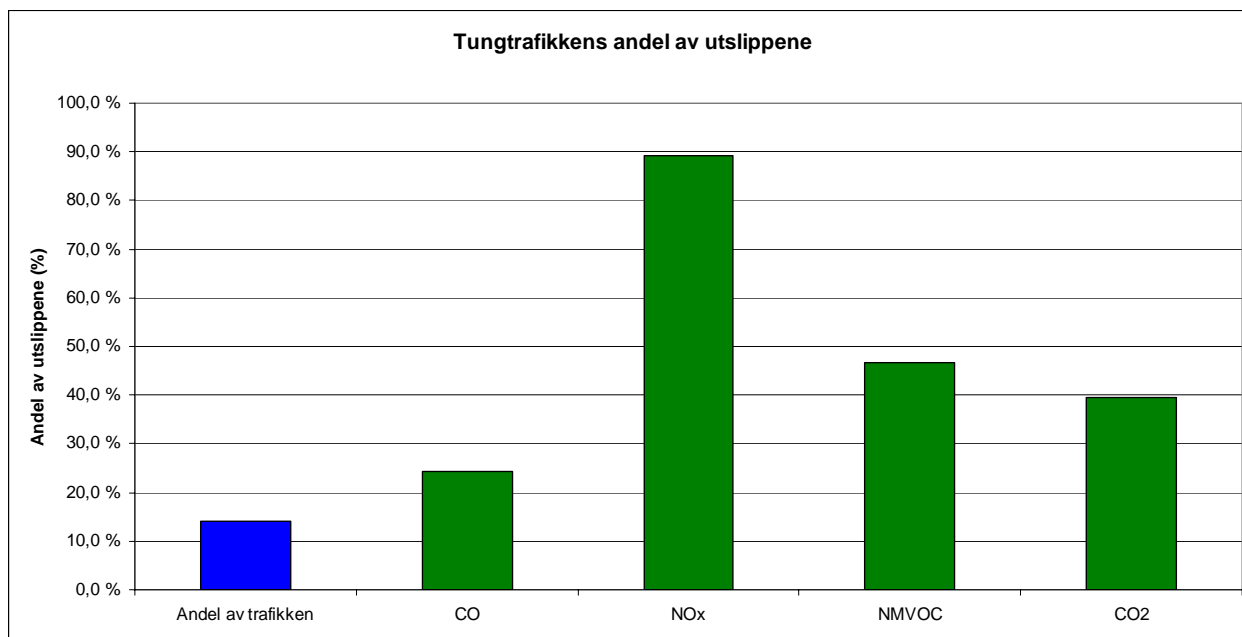
Siden dette er en bymotorvei i en storby hvor kollektivandelen må forventes å være ganske høy, er det også et potensial for trafikkvekst dersom motorveien får ett ekstra felt. Denne problemstillingen tas opp i kapittel 3.

2.7 Andre resultater fra trafikksimuleringen

Siden simuleringsmodellen er bygd med 20 kjøretøygrupper er det mulig å ta ut resultater for de enkelte gruppene. I dette delkapitlet presenteres et utvalg av disse resultatene.

2.7.1 Tungtrafikkens andel av utslippene

Tungtrafikken utgjør 12 % av trafikken på de simulerte veistrekningene. Både på grunn av at disse kjøretøyene er vesentlig større enn en vanlig personbil og at de er alle dieseldrevne påvirker de utslippene ganske vesentlig.

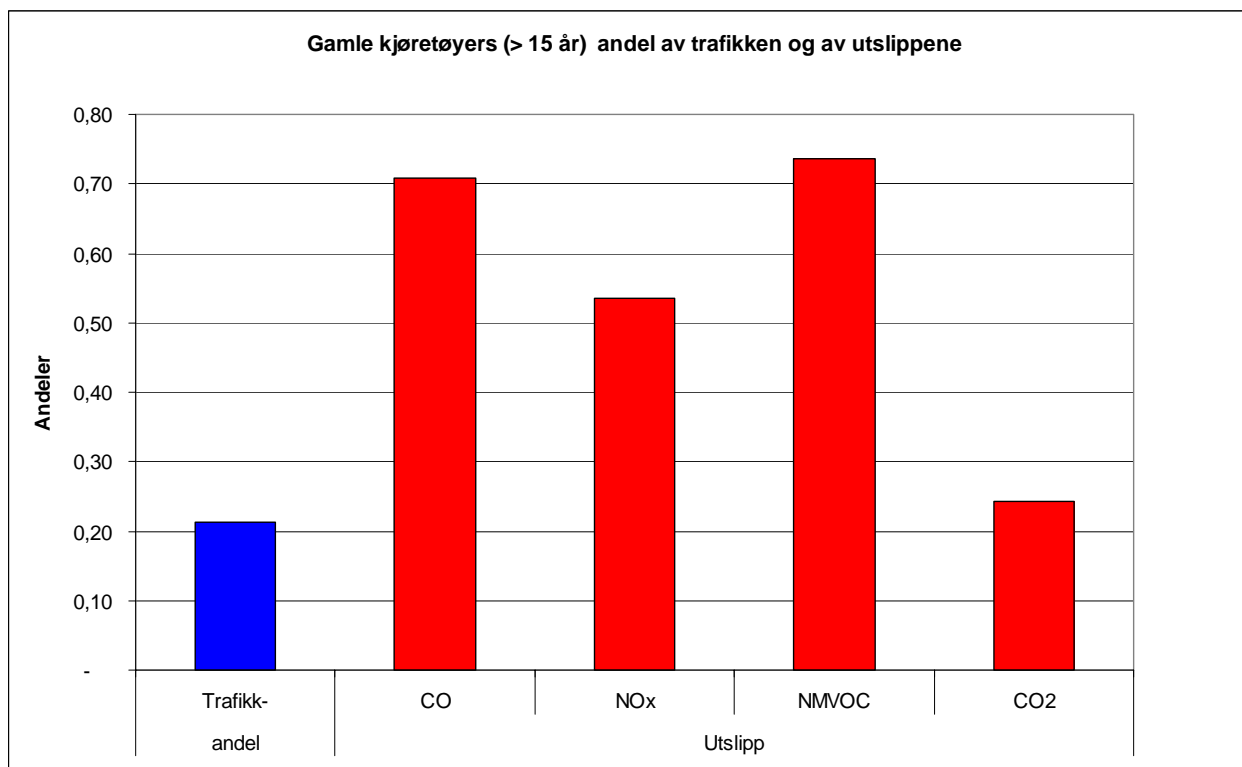


Figur 10: Tungtrafikkens andel av utslippene

Figuren viser at utslippene fra tungtrafikken er ganske betydelig og særlig når det gjelder NO_x hvor denne trafikken står for ca 90 % av utslippene fra veitrafikken. Naturlig nok har tungtrafikken utslippsverdier over sin andel av trafikken for alle utslippskategorier.

2.7.2 Utslipp fra den eldre del av kjøretøyene

Allerede under forberedelsene til trafikksimuleringen så vi at utslippsfaktorene for den eldste delen av kjøretøyene, de over 15 år, var vesentlig høyere enn de nye kjøretøyene. Det understreker bare hvor stor den teknologiske utviklingen har vært. For å illustrere denne utviklingen har vi tatt ut resultatene for denne kjøretøygruppen.



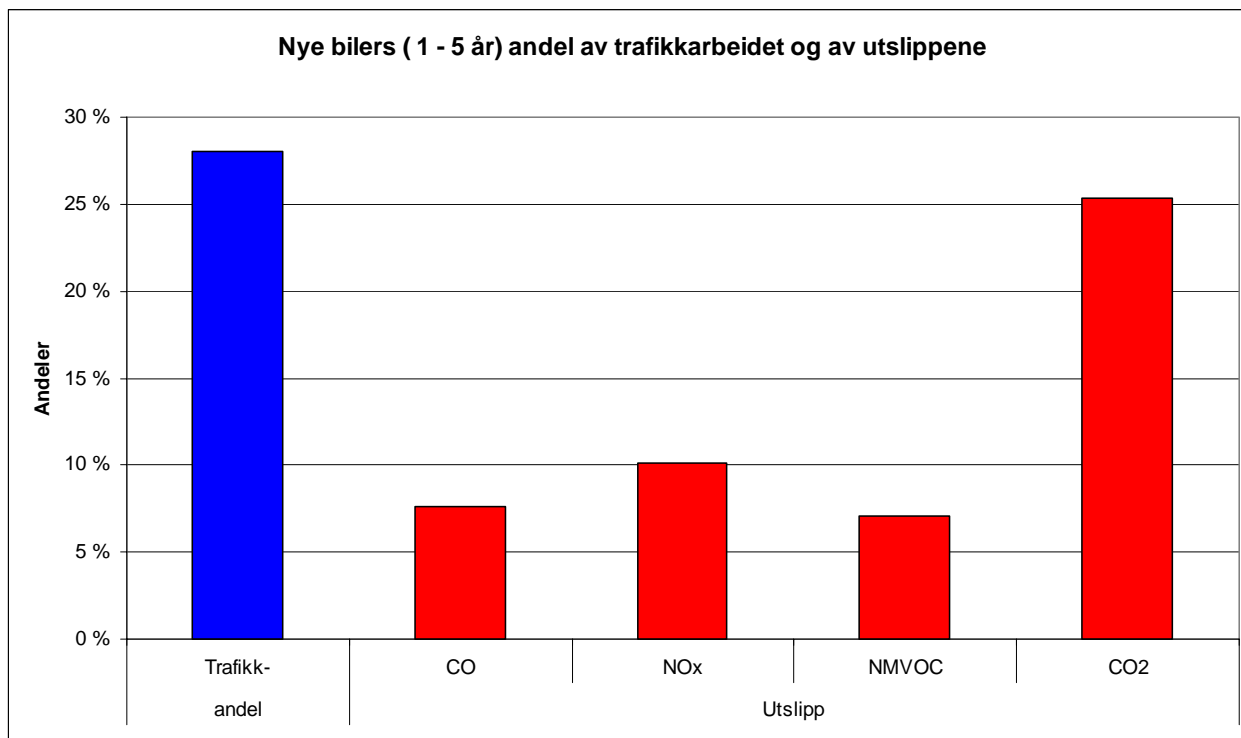
Figur 11: Eldre kjøretøys andel av utslippene fra veitrafikken (Kjt > 15 år)

Kjøretøy eldre enn 15 år utgjør ca 21 % av kjøretøyene i Norge som totalt har en gjennomsnittsalder på litt over 10 år. Disse kjøretøyene holder ikke dagens nivå når det gjelder drivstoffeffektivitet og utslipp av avgasser. Figur 11 viser at de bidrar vesentlig mer enn sin andel av trafikken og særlig når det gjelder CO-utslipp der de står for ca 70% av utslippene og utslipp av NMVOC der de står for 70 – 75 % av de samlede utslipp fra veitrafikken. Også utslippene av NO_x på 50 – 55% av totalutslippene er vesentlig høyere enn trafikkandelen

Disse resultatene understreker at det ikke er miljøvennlig med alle de gamle kjøretøyene som utgjør en vesentlig del av bilparken. Det vil være god miljøpolitikk å stimulere til en raskere utskifting av kjøretøyene. Norge har en bilpark med en gjennomsnittsalder på over 10 år. Dette er blant de høyeste i Europa (5).

2.7.3 Nye bilers andel av utslippene

På samme måte som vi analyserte de gamle kjøretøyenes andel av utslippene har vi også tatt ut tilsvarende resultater for den delen av bilparken som er 1 – 5 år gamle:



Figur 12; Nye bilers andel av trafikken samt deres andel av utslippene

Av figur 12 ser vi at de nye bilene utgjør ca 27 % av trafikken men har en vesentlig lavere andel av utslippene, - særlig de lokalt forurensende utslipp som CO, NO_x og NMVOC.

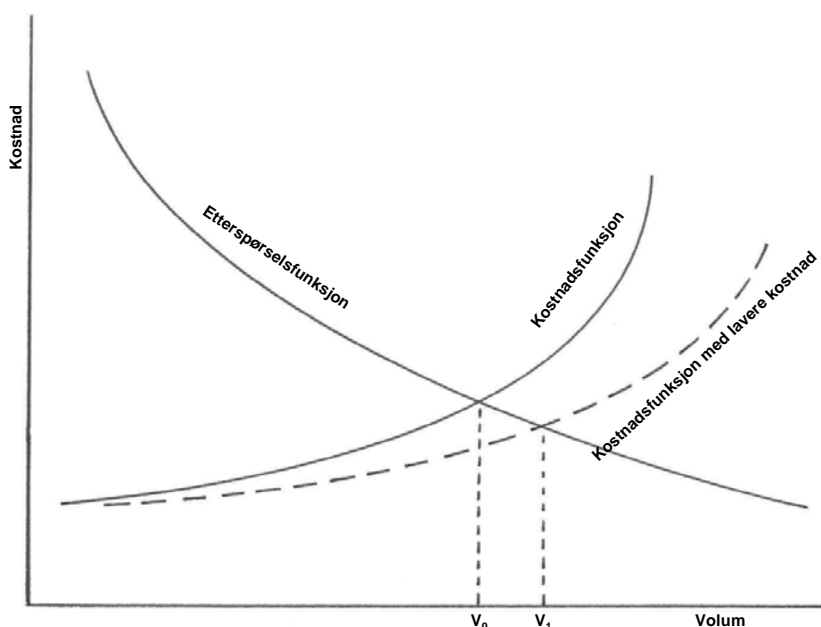
Dette understreker ytterligere betydningen av å introdusere tiltak for å få ned gjennomsnittsalderen på bilparken i Norge.

3 Nyskapt trafikk samt overført trafikk fra kollektivtrafikken

3.1 Drivkrefter og trafikantreaksjoner

Når man foretar veiutbedring (investerer i nye eller bedre veier) så gjør man det vanligvis for å fjerne problemer i trafikken (køer, forsinkelser, trafikkulykker, miljøproblemer, etc.) eller for å gi veiforbindelse til noen som ikke har det eller til områder som skal utbygges.

Rent prinsipielt kan vi si at utbedring av vegnettet reduserer motstanden / kostnaden mot å reise eller transportere. Det vil i prinsippet kunne medføre økt etterspørsel, som igjen vil føre til økning i trafikken, jfr figur 13. Kostnadsbegrepet som benyttes når det gjelder etterspørsel etter transport er gjerne generalisert transportkostnad som er en sum av kjøretøykostnadene (distansekostnad) og tidskostnadene (reisetid * tidsverdi) samt eventuelle direkteutgifter til bompenger, ferjebilletter etc.



Figur 13: Skisse som beskriver etterspørselsteorien

Slike figurer er klassiske innen økonomisk etterspørselsteori og finnes i de fleste bøker om temaet (10, 11, 12).

Av figuren ser vi at en reduksjon av motstanden / kostnaden vil føre til at tilbudsfunksjonen (kostnadsfunksjonen) krysser etterspørselsfunksjonen lengre til høyre (stiplet linje), det vil si at man får en balanse mellom tilbud og etterspørsel ved et høyere volum (V_1). Det er denne mekanismen som danner grunnlaget for den trafikkveksten ($V_1 - V_0$) som vi her drøfter og som også til en viss grad er nedfelt i transportmodellene som benyttes til trafikkberegninger, blant annet i arbeidet med Nasjonal Transportplan. Det blir imidlertid lite presist kun å konstatere at redusert generalisert transportkostnad på grunn av bedre veier vil bidra til trafikkvekst. Vi må også kartlegge hvilke markedsmekanismer i form av trafikantreaksjoner som vil kunne gjøre seg gjeldende.

Når man utbedrer en vei eller erstatter den med en ny vei vil den trafikkveksten vi observerer kunne komme fra ulike trafikant- / markeds-reaksjoner:

i)	Endret kjørerute	
ii)	Endret reisetidspunkt	<i>sannsynligvis små positive miljøeffekter</i>
iii)	Endret reisemål	
iv)	Nyskapt trafikk / nye turer (tidligere undertrykt av trafikkforholdene)	<i>mulige negative miljøeffekter</i>
v)	Endret reisemåte / reisemiddel	

Tabell 7: Trafikantreaksjoner på bedre fremkommelighet i veinettet

Denne inndelingen i markedsreaksjoner er så godt som identisk med den inndeling som er brukt i Miljøhåndboken (13) og den videre diskusjonen her følger også i hovedsak det samme mønster.

En slik inndeling gjør det lettere å nyansere diskusjonen om nyskapt trafikk. Når vi opplever en betydelig trafikkvekst på en utbedret eller ny vei så er ofte en stor del av den nye trafikken overført fra andre kjøreruter, andre tidsperioder og fra andre reisemål (punktene i, ii og iii som ligger over streken i tabell 7). Slike trafikantreaksjoner betyr ingen reell trafikkvekst i antall bilturer. Årsaken til at trafikantene gjør disse endringene er at de opplever større nytte ved endringen enn ved å opprettholde sitt opprinnelige reisemønster (10, 12). De samme vurderinger gjøres også av næringstrafikken. Slike endringer vil derfor som oftest føre til økt samfunnsøkonomisk nytte, i hovedsak på grunn av spart tid (12). Vi forutsetter da at den utbedrede veien og dens omgivelser er mer egnet for trafikk enn de veiene og omgivelsene som nå blir avlastet så slike trafikantreaksjoner vil også kunne gi positive miljøeffekter.

For de problemstillinger som er sentrale i dette prosjektet, ”miljøeffekter av bedre veier”, er det derfor tvilsomt om det medfører særlig systematiske negative effekter med endret reiserute, reisetidspunkt eller reisemål på grunn av veiutbedring eller nye veier. Det er nok mulig å konstruere noen eksempler, særlig på endrede reisemål som medfører økte transportlengder, men det blir feil å konkludere med at det er en vanlig systematisk effekt, reiselengden kan like gjerne bli kortere.

Hovedutfordringen, med hensyn til å analysere den potensielle trafikkveksten på nye/utbedrede veier i denne sammenheng, er å forsøke å kvantifisere størrelsen på:

- iv) Nyskapt trafikk / nye turer
- v) Endret reisemåte / reisemiddel

som kan komme som følge av veiutbedringen / den nye veien. Disse trafikantreaksjonene representerer reell vekst i biltrafikken og vil kunne medføre både økt drivstofforbruk og økte utslipp av lokal og global luftforurensning samt bidra til nye køer og forsinkelser.

3.2 Ny trafikk: nyskapte turer og endret reisemiddelfordeling

Både nyskapte turer og endring i reisemiddelfordelingen er spesielt interessant i dette tilfellet da de betyr en reell trafikkvekst med tilhørende negative miljøkonsekvenser.

3.2.1 Nyskapte turer

Vår viktigste informasjonskilde når det gjelder personers reiseaktivitet (personturer) er de nasjonale reisevaneundersøkelsene (14). De er gjennomført og gjentatt mange ganger over lang tid så man begynner etter hvert å få et ganske betydelig erfaringsmateriale. I tillegg er det gjennomført tilsvarende lokale reisevaneundersøkelser, ofte i influensområdet til de store byene. I tabell 8 er det gjengitt et utdrag av hovedresultatene i form av gjennomsnittlig antall turer pr person på en vanlig hverdag fra en rekke lokale og nasjonale reisevaneundersøkelser (18, 14).

Gjennomsnittlig antall turer pr person på en vanlig hverdag		
Område	År	Turer pr person på vanlig hverdag
Trondheim	2001	3,28
Trondheim	1992	3,32
Trondheim	1990	4,12
Bergen	2000	3,62
Bergen	1992	3,62
Jæren	1998	3,64
Oslo	1990	3,57
Oslo	1984/85	3,79
Drammen	1990	3,62
Grenland	1990	3,20
Tromsø	1990	3,50
Norge	2005	3,33
Norge	2001	3,33
Norge	1998	3,41
Norge	1992	3,35

Tabell 8: Gjennomsnittlig antall turer pr person på en vanlig hverdag; resultater fra lokale og nasjonale reisevaneundersøkelser Kilde: (18) supplert med nyere data fra (14)

Tabellen viser ingen tydelig sammenheng mellom gjennomsnittlig antall turer og tidspunktet for undersøkelsen. Man kan dermed ikke se noen sammenheng mellom den kontinuerlige utviklingen av veinettet og en eventuell økt individuell reisevirksomhet (økt turproduksjon). Det skal imidlertid tilføyes at undersøkelsesmetodikk og analyseteknikk har endret seg over tid slik at det kan være vanskelig å sammenligne undersøkelser fra ulike tidsperioder.

I tabell 9 er vist turproduksjon og reiseavstander for personer med og uten førerkort og for personer med ulik tilgang til bil

	Gjennomsnittlig antall reiser	Reiselengde pr dag (km)	Tidsbruk pr reise (minutter)	Tidsbruk pr dag (minutter)
Førerkort				
Ja	3,46	40,8	21	73
Nei	2,36	19,6	23	54
Antall kjørt. i hush.				
0	2,60	16,9	22	57
1	3,31	35,1	21	70
2	3,61	44,8	21	76
3+	3,66	49,4	21	77

Tabell 9: Turproduksjon, reiselengder og tidsbruk for personer med og uten førerkort samt ved ulik tilgang til bil. Kilde: RVU 2005 (14)

Av tabell 9 ser vi en klar sammenheng mellom førerkort / bilhold, antall reiser, reiselengde og tidsbruk. Det vil si at personer som har tilgang til bil gjør flere reiser, har lengre gjennomsnittlig reiselengde og bruker mer tid til transport enn personer som ikke har tilgang til bil.

Sammenholder vi resultatene fra tabell 8 og tabell 9 ser det ut som det er vanskelig å dokumentere en sammenheng mellom antall reiser som personer foretar og fremkommeligheten i veinettet, mens det synes å være en ganske klar sammenheng mellom bilhold og reisevirksomheten. Et åpent spørsmål er da om det finnes noen sammenheng mellom bilhold og fremkommeligheten i transportsystemet. Dette vil vi komme tilbake til.

En annen kilde for analyse av reisevirksomheten (turproduksjonen), førerkortinnehav og bilhold er de mange transportmodeller som er utviklet i løpet av de siste 30 – 40 år. (Se figur 14, neste side). De aller fleste av disse har basert seg på statiske turproduksjonsmodeller med konstant turproduksjon i erkjennelsen av at variasjonene i turproduksjonen er så små at det har vært vanskelig å utvikle modeller med signifikante parameterverdier i en dynamisk turproduksjonsmodell hvor antall turer er en funksjon av fremkommeligheten i transportsystemet.

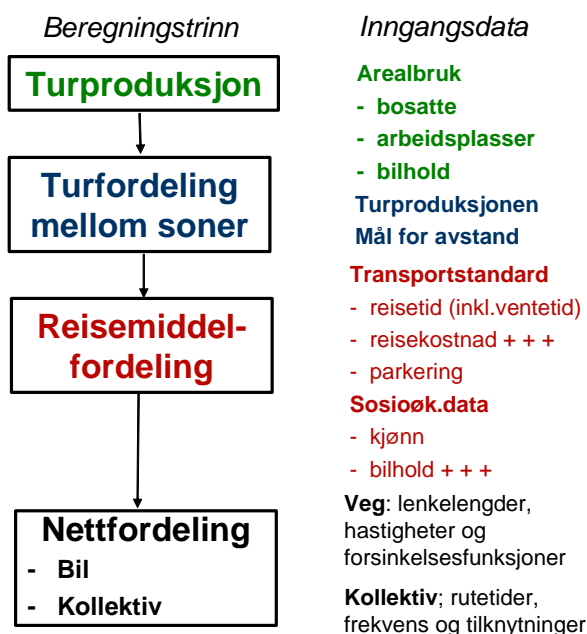
De siste årene har imidlertid både modellteori, estimeringsteknikker og datamaskiner blitt bedre og man har utviklet transportmodeller med dynamiske turproduksjonsmodeller (15, 16, 17). Analyserer man disse modellene finner man fort ut at enten benyttes ikke denne egenskapen ved praktisk bruk av modellene (17) eller effekten av relativt store forandringer i fremkommeligheten gir kun neglisjerbare og til dels ulogiske endringer i turproduksjonen (14, 15).

I tilknytning til det nasjonale transportmodellsystemet er det utviklet egne modeller for førerkortinnehav og bilhold. Ingen av disse modellene benytter data om fremkommelighet i transportsystemet (transportstandarddata) som forklaringsvariable for førerkort og bilhold. Siden dette er en ganske nærliggende potensiell sammenheng er det grunn til å tro at det har vært vanskelig å estimere signifikante parameterverdier for slike sammenhenger.

Det er ut fra disse resonnementer naturlig å trekke den konklusjonen at nyskapte turer på grunn av bedre fremkommelighet nok eksisterer slik etterspørselsteorien tilsier, men at dimensjonen på antall nyskapte turer er meget liten og det er vanskelig å verifisere en sammenheng mellom eventuelle nyskapte turer og de endringer i transportsystemet og fremkommeligheten som vi har hatt i Norge over de siste 40 årene. I denne sammenheng betrakter vi derfor de nyskapte turene som neglisjerbare.

Det har heller ikke vært mulig å finne en sammenheng ved å gå veien via førerkortinnehav og bilhold. Modeller for disse forhold inneholder heller ikke fremkommelighet i transportsystemet som forklaringsvariable.

Transportmodellenes fire beregningstrinn



Figur 14: Transportmodellenes fire beregningstrinn i henhold til fire-trinns-metodikken (19)

3.2.2 Endret reisemiddelfordeling

Personreiser

I vår gjennomgang av trafikantreaksjonen på bedre veier så er endret reisemiddelfordeling en meget aktuell reaksjon. På enkelte veistrekninger (jfr veialternativ 3 i mikrosimuleringen "Overbelastet bymotorvei") er det dårlig fremkommelighet for veitrafikken, mens kollektivtrafikken kan ha egne bussfelt. Dette gir relativt høye kollektivtrafikkandeler og man ser at reisemiddelfordelingen over døgnet på slike strekninger er at ca like mange reiser kollektivt som de som bruker bil. Øker man i slike situasjoner kapasiteten på veinettet vil kanskje noen av trafikantene revurdere sitt reisemiddelvalg.

For de to første prototypiske veistrekningene (hovedalternativ 1 og 2 ved mikrosimuleringen), er dette veityper der kollektivtrafikken og den øvrige veitrafikken ofte befinner seg på den samme veien. En utbedring vil derfor forbedre situasjonen for begge transportmidlene. Selv om veitrafikken nok kan utnytte slike forbedringer bedre enn kollektivtrafikken er det ingen grunn til å tro at en utbedring av denne type veier vil føre til særlig endret konkurransesituasjon og dermed påvirke reisemiddelfordelingen i særlig grad.

De mest aktuelle veiutbedringer som vil kunne forårsake overføring fra kollektivtrafikk til bil er tiltak som øker kapasiteten og gjennom det bedrer fremkommeligheten for veitrafikken i de store byene, jfr hovedalternativ 3 i mikrosimuleringen. Dette er også omtalt av Jan Usterud Hansen i en artikkel i Samferdsel i 2006 (12).

For å analysere eventuelle endringer i reisemiddelfordelingen på grunn av bedret fremkommelighet på en av de store innfartsårene, har vi et verktøy i de etablerte transportmodellene (10, 14, 15). I Norge har vi i løpet av det siste året fått ferdigstilt de regionale transportmodellene som har delmodeller for alle de fire beregningstrinn som er vist i figur14. Det

er her mulig å ta ut modellen for reisemiddelfordelingen og analysere de potensielle endringer som kan finne sted ved utbedring av veinettet.

Godstransport

I prinsippet gjelder den samme etterspørselsteorien også for godstransportene. Ser vi imidlertid på stamveistrekningene Oslo – Bergen, Oslo – Trondheim – Bodø og Oslo – Kristiansand - Stavanger er det vanskelig å tro at veiutbedring alene vil føre til noe særlig overføring av gods fra bane til vei eller at det vil genereres noe særlig nyskapt godstrafikk som i dag skulle være undertrykt. Disse strekningene er deler av vårt viktigste stamvegnett og ingen av disse strekningene har begrensninger i form av delstrekninger med redusert tillatt aksellast eller tunneler med redusert profil. Det synes heller ikke å være aktuell politikk å ha slike begrensninger på stamvegnettet. Det synes å være akseptert veipolitikk at disse veiene skal være så teknisk gode som mulig. Kun i rushtidene i og i nærheten av Oslo samt til dels noen få andre byer er det fremkommelighetsproblemer av noe særlig omfang, men dette er det til en viss grad mulig for store deler av godstrafikken å styre utenom. Disse strekningene er også de eneste strekningene i landet hvor det er parallelle hovedårer både for jernbane og vei og hvor man kan snakke om en reell konkurranseflate mellom transportmidlene.

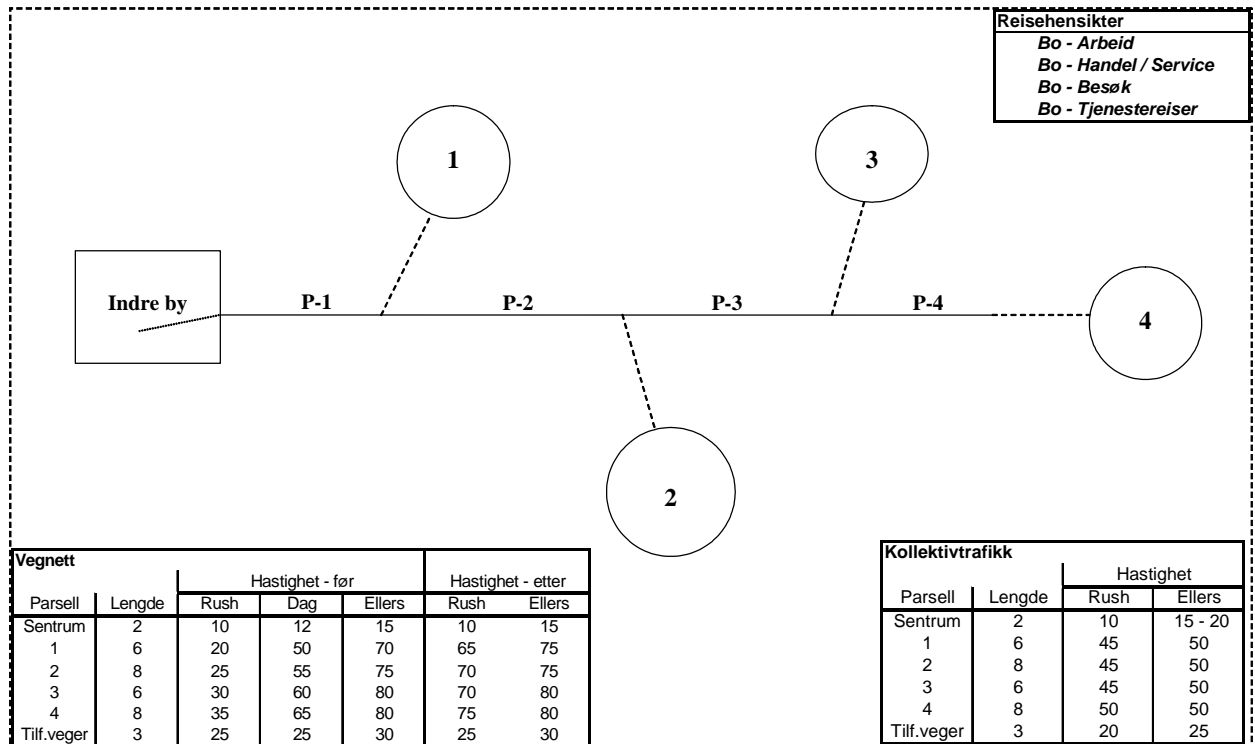
For det øvrige veinettet er det snarere slik at vei og bane supplerer hverandre og transportmiddelfordelingen er ikke et reelt tema.

3.2.3 Modeller for valg av transportmiddel

En av delmodellene i en komplett transportmodell (se figur 14) er reisemiddelvalgmodellene som beregner trafikantenes valg av transportmiddel blant annet ut fra de foreliggende alternativer og deres transportstandardkvaliteter. Disse delmodellene beskriver og forklarer personers valg av reisemiddel ved hjelp av variable knyttet til transportmidlenes egenskaper som reisetid, frekvens og reisekostnad, og individenes egenskaper som alder og bilhold og egenskaper ved målpunktet som parkeringsmuligheter for å nevne noen av de viktigste.

Reisemiddelvalgmodellene som er en del av de regionale transportmodellene er utviklet og estimert ut fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen. Selve reisemiddelvalgmodellen er av typen strukturert logitmodell og vi har benyttet modellene for reisehensiktene ”Bosted – Arbeid”, ”Bosted - Tjenestereise”, ”Bosted – Innkjøp/Service” og ”Bosted – Besøk”. Lister over de variabler som inngår i de ulike modeller, parameterverdier og annen informasjon om modellene finner man i (17) Madslie, Rekdal og Larsen: ”Utvikling av regionale modeller for persontransport i Norge”.

I denne sammenheng har vi lagt reisemiddelvalgmodellen inn i et regneark for så å bruke modellene til beskrive endringen i reisemiddelvalg når man fjerner fremkommelighetsproblemer på en bymotorvei som fungerer som innfartsvei til en større by (se figur 15, neste side). Dette skulle deretter gi oss muligheten til å beregne endringen i reisemiddelfordelingen og utslippene fra trafikken som følge av denne type veiutbedring, (kapasitetsøkning).

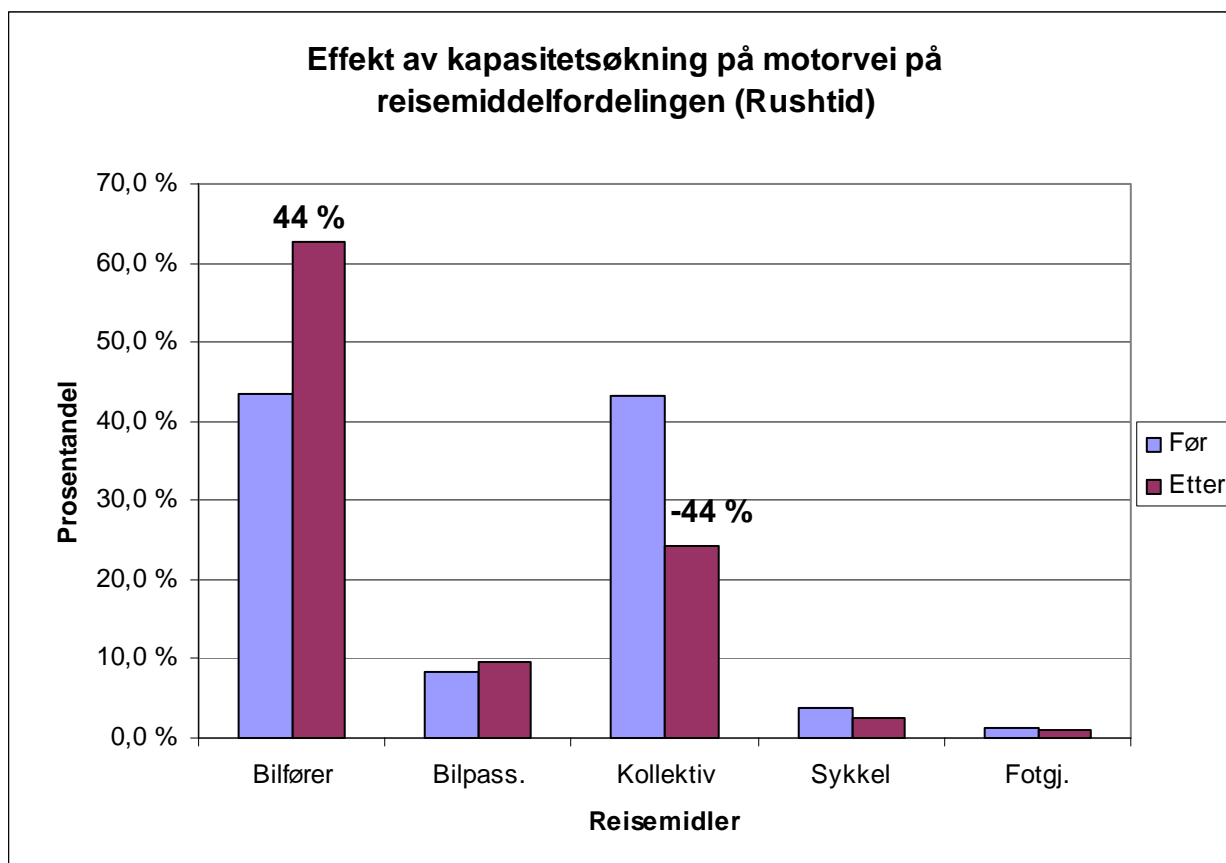


Figur 15: Eksempel på trafikksystem med bymotorvei som innfartsåre til større by (f.eks. Oslo)

Sirkelene 1 – 4 symboliserer fire områder som skaper trafikk som har målpunkt i indre by og som er henvist til å benytte motorveiparsellene P-1 P-4. Parsell-lengder og hastigheter for bil og kollektivtrafikk er gitt i de innlagte tabellene på figuren. I før-situasjonen er hastigheten på motorveien fra 20 km/t (nærmest bysentrum) til 35 km/t ytterst. I ettersituasjonen er tilsvarende hastigheter satt fra 65 km/t til 75 km/t.

Transportmodellens reisemiddelvalgmodeller er brukt til å beregne effekten av denne endringen på reisemiddelfordelingen.

Resultatene er gjengitt i figur 16.



Figur 16: Beregnet endret reisemiddelfordeling på grunn av bedret fremkommelighet på motorveien (ref. fig. 15)

Vi ser av figuren at vi fikk en betydelig endring i reisemiddelfordelingen. I utgangspunktet var kollektivandelen omtrent lik bilførerandelen, ca 43 %. Etter kapasitetsutvidelsen og den resulterende hastighetsøkning blir bilførerandelen (antall biler) ca 62 % mens kollektivandelen synker til ca 24 %. Det betyr at vi vil kunne få en trafikkvekst på motorveien på 44 % og en tilsvarende stor prosentvis nedgang i antall kollektivreisende. Dette vil i praksis kompensere for det meste av miljøgevinsten med økte utslipp fra den nye biltrafikken.

Drivkraften bak denne endringen i reisemiddelfordelingen var hastighetsendringen på motorveien. Med så stor trafikkvekst vil vi imidlertid ikke klare å avvikle den økte trafikken med kun en økning på ett felt på motorveien. Selv med kun 20 % trafikkvekst vil vi kun få en hastighetsøkning opp til 39 km/t og dette er alt for lite til å skape en drivkraft til en så stor endring i reisemiddelfordelingen. Vi måtte sannsynligvis ha lagt til to eller tre nye felt på motorveien for å utløse den beregnede endringen i reisemiddelfordelingen som forutsatte en gjennomsnittsfart på ca 55 km/t.

4 Konklusjoner

4.1 Resultater fra trafikksimuleringen

Resultatene fra trafikksimuleringene er samlet i tabell 10.

Utslipp: Enhet: Alternativ	CO g/kjt-km	NOx g/kjt-km	NMVOC g/kjt-km	CO2 kg/10 kjt-km	Time- trafikk
1a (gml)	5,05	4,13	0,87	2,75	200
1b (ny)	1,68	1,05	0,28	2,45	200
Differanse i %	-66,7 %	-74,7 %	-68,1 %	-11,0 %	
2a (gml)	5,33	3,70	0,86	2,84	1200
2b (ny)	2,79	1,44	0,44	2,10	1200
Differanse i %	-47,6 %	-61,1 %	-49,3 %	-26,0 %	
3a (gml)	12,90	11,08	2,16	5,10	5000
3b (ny)	5,63	4,31	0,91	3,19	5000
Differanse i %	-56,4 %	-61,1 %	-57,7 %	-37,6 %	

Tabell 10: Sammendrag av resultatene fra trafikksimuleringen

Resultatene fra trafikksimuleringen forteller oss at det er betydelige miljøgevinster forbundet med bedre veier i form av reduserte utslipp fra den eksisterende trafikken. Årsaken til at man får slike store reduksjoner i skadelige utslipp samt betydelige reduksjoner i klimagassutslippene (CO₂) er knyttet til følgende forhold relatert til forbrenningsmotorene (bensin og diesel):

- i) Drivstoffkurvene (g/km) er høyest ved lave hastigheter (se figur 1, side 14). De har et minimumspunkt i området 60 – 80 km/t, men økningen ved høyere hastigheter er vesentlig mindre enn det høye drivstofforbruket man får ved hastigheter under 20 km/t
- ii) Akselerasjon samt ”stop-and-go”-forhold medfører betydelig høyere drivstofforbruk enn jevn fart
- iii) Utslipp av miljøskadelige avgasser følger omtrent det samme mønsteret som drivstofforbruket

Dette er de tre viktigste egenskaper ved motorene som bidrar til de resultatene vi har fått.

Slike egenskaper ved veitrafikken lå også til grunn for to konferansebidrag som ble presentert ved ITS World Congress i London i Oktober 2006 (21, 22) og tilsvarene ved IRF-konferansen: Roads and the Environment i Geneve i Februar 2007 (23, 24). Hovedkonklusjonene ved begge disse konferansene var knyttet til erkjennelsen av at stadig varierende hastigheter med hyppige akselerasjoner medfører vesentlig høyere utslipp enn kjøring i jevn hastighet.

4.2 Hovedresultater fra vurderinger og beregninger av nyskapt trafikk

Vurderingene og beregningene av potensiell nyskapt trafikk viser at man må skille mellom ulike markedsreaksjoner på de utbedringer av veinettet som foretas.

Ved betydelig utbedring av en veistrekning vil man på den ene siden kunne få overført trafikk fra andre veier, endring av reisetidspunkt og endring av reisemål som sannsynligvis alle har svært begrensede og til dels positive miljømessige konsekvenser i det de ikke representerer noe ny trafikk.

På den annen side har man nyskapt turer som i før-situasjonen var undertrykt på grunn av dårlig fremkommelighet (høye generaliserte transportkostnader) og som i ettersituasjonen kan utløses. I tillegg har man endret reisemiddelfordeling.

Konklusjonene når det gjelder dimensjonene på denne nyskapt trafikken i relasjon til vår tre prototypiske veier er at ren nyskapt trafikk i form av nye turer ikke kan dokumenteres ved våre stadig gjentatte reisevaneundersøkelser og heller ikke ved de transportmodeller som er utviklet og i bruk i Norge. Etterspørselsteorien er nok korrekt, men markedsreaksjonene er så svake at de ikke vises på de reisevaneundersøkelsene som gjennomføres og de transportmodeller som utvikles. Vi betrakter derfor andelen nyskapt turer som neglisjerbare i denne sammenheng.

Den viktigste reaksjonen som man må forholde seg til er endret reisemiddelfordeling. På veier som betjener både buss og vanlig biltrafikk vil effekten på reisemiddelfordelingen nok bli neglisjerbar. Ser man imidlertid på alternativ 3 ”Bymotorveien”, viser beregningene at den endrede reisemiddelfordelingen ble meget betydelig og vil kreve to – tre ekstra felt for å skape den trafikkflyt som var en forutsetning for endringen.

4.2.1 Samlet vurdering av de enkelte strekninger; alternativ 1 og 2

Den dårlige tofeltsveien i hovedalternativ 1 med deler av veien som enfeltsvei fikk mange hastighetsendringer på grunn av variabel standard, skarpe kurver og venting på grunn av møtende trafikk med tilhørende oppstarter og akselerasjoner.

I hovedalternativ 2 begynte trafikkmengden på tofeltsveien med ca 1200 kj/t å nærme seg kapasitetsgrensen med tilløp til køer og ujevne avviklingsforhold. Dette, samt veiføring gjennom to tettsteder, medførte hastighetsendringer med hyppige akselerasjoner.

Hovedalternativene 1 og 2 er representative for mange veier i Norge og trafikksimuleringene gir klare resultater om at dårlige veier ikke bare gir dårlig fremkommelighet, men de forårsaker også at utslipp av forurensende avgasser og klimagasser fra veitrafikken er betydelig høyere enn de strengt tatt trenger å være. Beregningene forteller oss at man vil redusere utslippene fra veitrafikken ved å bygge gode veier hvor trafikken kan holde jevn hastighet med få hastighetsendringer.

For disse to veitypene er det lite sannsynlig at veitbedring eller nye veier vil utløse ny veitrafikk (nye bilturer) i noe særlig omfang eller skape grunnlag for endret reisemiddelfordeling.

Trafikksimuleringene og de beregnede utslippsreduksjoner samt analyser og vurderinger av mulig nyskapt trafikk virker overbevisende med hensyn til å stadfeste hypotese H1 som var utgangspunktet for denne forskningen og utredningen:

H1: Bedre veier fører totalt sett til mindre utslipp og er positivt for miljøet

Med den økende bevissthet omkring miljøproblematikken som er kommet de siste måneder gjennom FNs klimapanel (1) og den europeiske Stern-rapporten (2) er dette en erkjennelse og en kunnskap vi må ta med oss videre når man skal vurdere tiltak for å møte miljøutfordringene.

For å illustrere disse funnene og underbygge konklusjonene ytterligere har vi laget et eksempel i noe større målestokk enn de alternativene vi brukte til simuleringen.

Eksempel

Anta at vi har en 60 km lang veistrekning (tofeltsvei med dårlig / brukbar standard, jfr alt 2a) som to timer om dagen har en rushtidsbelastning på 1200 kjt/t. Resten av dagen går trafikken lettere så man regner ikke med noen reduserte utslipp for trafikken i de periodene.

Vi bruker resultatene fra hovedalternativ 2 og beregner totale utslipp fra denne trafikken:

Basisdata	
Strekningsslengde	60 km
Trafikk: (to rushtidstimer)	2400 kjt
Trafikk resten av døgnet	9000 kjt
Transportarbeid (rush)	144000 kjt-km
Transportarbeid resten av døgnet	540000 kjt-km

Utslippsberegning:	CO		NO _x		NMVOC		CO ₂	
	g/kjt-km	Utslipp totalt (g)	g/kjt-km	Utslipp totalt (g)	g/kjt-km	Utslipp totalt (g)	kg/10 ³ kjt-km	Utslipp totalt (kg)
Gammel vei	5,33	2 274 120	3,70	1 310 400	0,86	361 440	2,84	154 296
Ny vei	2,79	1 908 360	1,44	984 960	0,44	300 960	2,10	143 640
Endring pr døgn (kg)		-366		-325		-60		-10656
Endring pr år (tonn)		-132		-117		-22		-3836
Endring pr år i prosent		-16 %		-25 %		-17 %		-7 %

Tabell 12: Regne-eksempel på total besparelse i utslipp ved 60 km ny motorvei

Regne-eksemplet viser at man kan oppnå betydelige reduksjoner i utslipp ved å erstatte en relativt høyt belastet tofeltsvei med en firefeltsvei med motorvei standard. Over en avstand på 60 km sparer man ca 130 tonn CO, 120 tonn NO_x, 20 tonn NMVOC og 3800 tonn CO₂ i løpet av ett år. Over året blir dette reduksjoner på ca 20 % for de lokalt forurensende utslippskomponentene og i størrelsesorden 7 % reduksjon av CO₂-utslippene.

4.2.2 Samlet vurdering av alternativ 3 "Overbelastet bymotorvei"

Den overbelastede motorveien i hovedalternativ 3 var preget av køer, forsinkelser og "stop-and-go" trafikkavvikling. Dette ga både strekninger med meget lave hastigheter samt mange hastighetsendringer / akselerasjoner. Av de tre prototypiske veistrekningene som ble analysert var det denne strekningen som hadde de høyeste utslippene pr kjøretøykilometer. Overbelastede veier av denne type kan derfor uten overdrivelse karakteriseres som eksempler på dårlig miljøpolitikk.

Trafikksimuleringene for hovedalternativene 2 og 3 viser at manglende veikapasitet ikke er en god måte å regulere trafikken på. Dette er en konklusjon som ikke svekker hypotese H2 som var en av "grunnsteinene" for prosjektet.

H2: Manglende kapasitetsutvidelse i veisystemet er ikke egnet virkemiddel for å fremme lavere utslipp fra veisektoren

For å bedre fremkommeligheten ved hjelp av ekstra kapasitet må man sannsynligvis bygge 2 – 3 ekstra felt for å oppnå den hastighetsforbedring som den endrede reisemiddelfordelingen baserte seg på.

Det synes ikke så interessant å regne videre på dette da konsekvensene av en slik utbygging blir for dramatiske til at det synes realistisk. I tillegg vil den resulterende miljøgevinsten sannsynligvis ligge ganske nær null på grunn av utslippene fra den endrede reisemiddelfordelingen som skaper en betydelig trafikkøkning. I så måte understreker disse resultatene den gamle sannheten om at når byene kommer over en viss størrelse så er det ikke mulig å bygge seg ut av trafikkproblemene (25).

En strategi for å redusere utslippene fra veitrafikken på slike veier vil være å sørge for balanse mellom tilbud og etterspørsel på en slik måte at man opprettholder god flyt i trafikken. Dette kan gjøres ved hjelp av infrastrukturbygging, en løsning som er mulig de fleste steder i landet og i byområder opp til en viss bystørrelse som er vanskelig å angi eksakt. Alternativt kan man tenke seg en kombinasjon av infrastrukturbygging og et styringssystem som bidrar til dempe etterspørselen for å opprettholde god flyt i trafikken.

Eksempler på tiltak som kan inngå i slike styringssystemer kan være parkeringsregulering i de viktigste målområdene for trafikken (antall plasser og avgifter), adgangskontroll til de mest belastede veistrekningene og økonomiske virkemidler (bompenger, vegprising, drivstoffavgifter). Innenfor disse og andre områder kan ulike ITS-tiltak komme til anvendelse (ITS = Intelligente Transport Systemer) for å bidra til å begrense transportetterspørsel samt opprettholde trafikkflyten.

Litteraturliste

1. WMO / UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers February 2007
2. The Stern Review – The Economics of Climate Change - Executive summary; Nicholas Stern m fl, 2007
3. AIMSUN User's Manual Version 5.1, Transport Simulation Systems, June 2006
4. AIMSUN 5.1: Microsimulator User's Manual, Transport Simulation Systems, July 2006
5. Bil og vei statistikk 2006, Opplysningsrådet for Veitrafikken
6. Utslipp fra veitrafikk i Norge, Dokumentasjon, av beregningsmetode, data og resultater, SFT rapport 99:04 fra Statens Forurensningstilsyn
7. Avgasemissioner från lätta fordon drivna med olika drivmedel, Peter Ahlvik, Åke Brandberg, KFB-Rapport 1999:38
8. Predicting Air Quality Effects of Traffic Flow Improvements: Final report and Users Guide, Richard Dowling, Robert Ireson, Alexander Skabardonis, David Gillen. Peter Stopher, NCHRP-report 535, Transportation Research Board 2005
9. Vegnormaler, Håndbok 017 Veg- og gateutforming, Statens vegvesen (Høringsutkast) 2007
10. Nytte-kostnadsanalyse, Erik Grønn, Bedrftsøkonomens forlag 1991
11. Handbook of Transport Modelling, D. Hensher, K. Button, Pergamon 1992
12. Konsekvensanalyser, Håndbok 140, Statens Vegvesen 2006
13. Miljøhåndboken, Transportøkonomisk Institutt, 2000
14. RVU 2005, Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2005 – nøkkelrapport, Jon M. Denstadli, Øystein Engebretsen, Randi Hjorthol, Liva Vågane, TØI-rapport 844/2006
15. Transportanalys för Oslo och Akershus, Patrik Nylander, Göran Tegnér, Transek 1991
16. Modellutveckling och prognosystem för Oslo – Slutrapport, Staffan Widlert, Willy Andersson, Johanna Lindqvist, Transek 1993
17. Utvikling av regionale modeller for persontransport i Norge, Anne Madslie, Jens Rekdal, Odd I Larsen, TØI-rapport 766/2005
18. TASS5 for Trondheim, Solveig Meland, Eirik Skjetne, Trude Tørset og Olav Kåre Malmin, SINTEF 2006
19. Mer vegkapasitet i byene gir mer trafikk, Jan Usterud Hansen, artikkel i Samferdsel nr 10 2006

20. Integrerte areal- og transportmodeller, forelesninger ved NTNU, Tore Knudsen, SINTEF, 2002
21. Technologies controlling gaseous and particulate source emissions; Vehicle and engine designs to deliver reduced emissions, Dave Cherry, Paper presented at the ITS World Congress, London 2006
22. Technologies controlling gaseous and particulate source emissions; The effect of driver behaviour, James Tate, Paper presented at the ITS World Congress, London 2006
23. Traffic Management and ITS, Richard Harris, Paper presented at the IRF Conference: Roads and the Environment, Geneva, Switzerland, February 2007
24. ICT for Clean and Efficient Mobility, Paul Klompfer, Paper presented at the IRF Conference: Roads and the Environment, Geneva, Switzerland, February 2007
25. Traffic in Towns, Colin Buchanan, London, 1965

VEDLEGG

Data-ark for drivstoff- og utslippsmodellen i Aimsun

PERSONBILER - bensin **Korrigert for aldring og omregnet til g/s**
Undergruppe: 1 - 5 år **Enhet: g/s**

Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,003	0,016	0,003
NOx	0,0006	0,0042	0,0004
NMVOC	0,0005	0,0015	0,0005

Jevn kjøring (cruising)

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0035	0,0006	0,0005
30 - 50	0,0044	0,0009	0,0006
50 - 70	0,0038	0,0013	0,0004
>70	0,0018	0,0024	0,0006

Drivstoffforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	0,20	F1 (ved 90 km/t)	5,40	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,50	F2 (ved 120km/t)	6,10	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,28	Fd (ved oppbremsing)	0,18	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		75	km/t	

PERSONBILER - bensin **Korrigert for aldring og omregnet til g/s**
Undergruppe: 6 - 10 år **Enhet: g/s**

Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,008	0,055	0,008
NOx	0,0014	0,009	0,009
NMVOC	0,0007	0,0021	0,0007

Jevn kjøring (cruising)

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0117	0,0014	0,0007
30 - 50	0,0145	0,0019	0,0008
50 - 70	0,0124	0,0028	0,0006
>70	0,0259	0,0057	0,0009

Drivstoffforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	0,21	F1 (ved 90 km/t)	5,50	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,50	F2 (ved 120km/t)	6,10	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,28	Fd (ved oppbremsing)	0,18	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		75	km/t	

PERSONBILER - bensin
Undergruppe: 11 - 15 år

Korrigert for aldring og omregnet til g/s
Enhet: g/s

Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,015	0,096	0,015
NOx	0,0028	0,02	0,013
NMVOG	0,002	0,006	0,002

Jevn kjøring
(cruising)

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOG
<30	0,0217	0,0028	0,0020
30 - 50	0,0240	0,0040	0,0015
50 - 70	0,0240	0,0062	0,0019
>70	0,0467	0,0117	0,0024

Drivstofforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	0,22	F1 (ved 90 km/t)	5,90	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,60	F2 (ved 120km/t)	6,30	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,28	Fd (ved oppbremsing)	0,20	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		85	km/t	

PERSONBILER - bensin
Undergruppe: > 15 år

Korrigert for aldring og omregnet til g/s
Enhet: g/s

Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,15	0,8	0,15
NOx	0,011	0,08	0,008
NMVOG	0,025	0,09	0,025

Jevn kjøring
(cruising)

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOG
<30	0,2252	0,0110	0,0258
30 - 50	0,3203	0,0166	0,0338
50 - 70	0,2102	0,0290	0,0272
>70	0,3003	0,0576	0,0338

Drivstofforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	0,30	F1 (ved 90 km/t)	6,00	l/100km
C1 (akselerasjon)	1,00	F2 (ved 120km/t)	6,40	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,30	Fd (ved oppbremsing)	0,28	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		85	km/t	

PERSONBILER - diesel
Undergruppe: 1 - 5 år **Enhet: g/s**
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,0025	0,016	0,0025
NOx	0,0021	0,01	0,006
NMVOG	0,0004	0,0012	0,0004

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOG
<30	0,0038	0,0021	0,0004
30 - 50	0,0047	0,0028	0,0005
50 - 70	0,0032	0,0025	0,0004
>70	0,0044	0,0042	0,0005

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	0,12	F1 (ved 90 km/t)	4,80	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,28	F2 (ved 120km/t)	5,10	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,20	Fd (ved oppbremsing)	0,12	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 50 km/t				

PERSONBILER - diesel
Undergruppe: 6 - 10 år **Enhet: g/s**
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,003	0,025	0,003
NOx	0,0042	0,02	0,0025
NMVOG	0,0007	0,003	0,0007

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOG
<30	0,0056	0,0042	0,0007
30 - 50	0,0071	0,0056	0,0010
50 - 70	0,0050	0,0047	0,0008
>70	0,0068	0,0078	0,0009

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	0,15	F1 (ved 90 km/t)	4,90	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,30	F2 (ved 120km/t)	5,20	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,27	Fd (ved oppbremsing)	0,15	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 65 km/t				

PERSONBILER - diesel
Undergruppe: 11 - 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,005	0,028	0,005
NOx	0,005	0,028	0,003
NMVOC	0,001	0,004	0,001

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0070	0,0050	0,0010
30 - 50	0,0092	0,0070	0,0013
50 - 70	0,0067	0,0075	0,0013
>70	0,0091	0,0126	0,0014

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	0,18	F1 (ved 90 km/t)	5,10	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,35	F2 (ved 120km/t)	5,50	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,28	Fd (ved oppbremsing)	0,18	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		65	km/t	

PERSONBILER - diesel
Undergruppe: > 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,008	0,04	0,008
NOx	0,007	0,04	0,005
NMVOC	0,0055	0,012	0,0055

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0101	0,0069	0,0055
30 - 50	0,0091	0,0089	0,0037
50 - 70	0,0114	0,0118	0,0045
>70	0,0149	0,0194	0,0050

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	0,20	F1 (ved 90 km/t)	5,50	l/100km
C1 (akselerasjon)	0,90	F2 (ved 120km/t)	6,00	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,30	Fd (ved oppbremsing)	0,20	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		75	km/t	

LASTEBILER - diesel 3,5 - 7,5 tonn
Undergruppe: 1 - 5 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,035	0,2	0,035
NOx	0,3	1,3	0,18
NMVOC	0,035	0,1	0,035

Jevn kjøring Enhet: g/s

(cruising)

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0078	0,0509	0,0062
30 - 50	0,0062	0,0383	0,0044
50 - 70	0,0054	0,0324	0,0034
>70	0,0065	0,0379	0,0041

Drivstofforbruk

ml/s

Fi (tomgang)	1,4	F1 (ved 90 km/t)	16,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	4,0	F2 (ved 120km/t)	22,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,3	Fd (ved oppbremsing)	1,4	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 55 km/t				

LASTEBILER - diesel 3,5 - 7,5 tonn
Undergruppe: 6 - 10 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,075	0,4	0,075
NOx	0,42	1,6	0,25
NMVOC	0,05	0,15	0,05

Jevn kjøring
(cruising)

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0149	0,0710	0,0082
30 - 50	0,0118	0,0534	0,0059
50 - 70	0,0103	0,0450	0,0047
>70	0,0126	0,0536	0,0054

Drivstofforbruk

ml/s

Fi (tomgang)	1,4	F1 (ved 90 km/t)	16,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	4,2	F2 (ved 120km/t)	22,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,3	Fd (ved oppbremsing)	1,4	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 55 km/t				

LASTEBILER - diesel 3,5 - 7,5 tonn
Undergruppe: 11 - 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,09	0,55	0,09
NOx	0,54	2,2	0,33
NMVOC	0,055	0,16	0,055

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0299	0,1497	0,0152
30 - 50	0,0190	0,0914	0,0086
50 - 70	0,0142	0,0650	0,0059
>70	0,0170	0,0765	0,0066

Drivstofforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	2,7	F1 (ved 90 km/t)	18,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	4,8	F2 (ved 120km/t)	27,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,3	Fd (ved oppbremsing)	2,5	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		55	km/t	

LASTEBILER- diesel 3,5 - 7,5 tonn
Undergruppe: > 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,35	1,8	0,35
NOx	0,5	2,2	0,3
NMVOC	0,08	0,22	0,08

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,1107	0,1691	0,0307
30 - 50	0,0804	0,1205	0,0205
50 - 70	0,0641	0,0908	0,0147
>70	0,0710	0,0977	0,0160

Drivstofforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	2,7	F1 (ved 90 km/t)	21,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	5,0	F2 (ved 120km/t)	27,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,3	Fd (ved oppbremsing)	2,5	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		60	km/t	

Lastebiler - diesel 7,5 - 16 tonn
Undergruppe: 1 - 5 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,03	0,22	0,03
NOx	0,24	1,1	0,15
NMVOC	0,035	0,1	0,035

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0096	0,0510	0,0076
30 - 50	0,0086	0,0438	0,0061
50 - 70	0,0078	0,0390	0,0049
>70	0,0092	0,0442	0,0057

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	1,5	F1 (ved 90 km/t)	22,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	5,0	F2 (ved 120km/t)	28,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	1,4	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 60 km/t				

Lastebiler - diesel 7,5 - 16 tonn
Undergruppe: 6 - 10 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,075	0,4	0,075
NOx	0,33	1,45	0,2
NMVOC	0,05	0,15	0,05

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0247	0,0941	0,0135
30 - 50	0,0196	0,0752	0,0098
50 - 70	0,0166	0,0613	0,0076
>70	0,0193	0,0704	0,0082

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	2,2	F1 (ved 90 km/t)	24,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	5,0	F2 (ved 120km/t)	31,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	2,0	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 50 km/t				

Lastebiler - diesel 7,5 - 16 tonn
Undergruppe: 11 - 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,08	0,48	0,08
NOx	0,44	1,8	0,28
NMVOC	0,05	0,16	0,05

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0378	0,1523	0,0192
30 - 50	0,0281	0,1112	0,0127
50 - 70	0,0223	0,0860	0,0092
>70	0,0250	0,0931	0,0097

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	2,3	F1 (ved 90 km/t)	25,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	6,0	F2 (ved 120km/t)	32,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	2,1	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 55 km/t				

Lastebiler - diesel 7,5 - 16 tonn
Undergruppe: > 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,25	1,33	0,25
NOx	0,65	2,8	0,4
NMVOC	0,08	0,22	0,08

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,1018	0,2697	0,0374
30 - 50	0,0765	0,2011	0,0261
50 - 70	0,0622	0,1590	0,0190
>70	0,0689	0,1745	0,0207

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	3,0	F1 (ved 90 km/t)	27,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	8,0	F2 (ved 120km/t)	34,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	2,8	ml/s
Hastighet ved min. forbruk: 60 km/t				

Lastebiler - diesel > 16 tonn
Undergruppe: 1 - 5 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,025	0,18	0,025
NOx	0,2	1	0,12
NMVOC	0,035	0,1	0,035

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0161	0,0862	0,0149
30 - 50	0,0123	0,0695	0,0101
50 - 70	0,0100	0,0613	0,0073
>70	0,0109	0,0661	0,0079

Drivstofforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	3,4	F1 (ved 90 km/t)	30,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	10,0	F2 (ved 120km/t)	38,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	3,1	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		65	km/t	

Lastebiler - diesel > 16 tonn
Undergruppe: 6 - 10 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,055	0,34	0,055
NOx	0,29	1,4	0,17
NMVOC	0,05	0,15	0,05

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0310	0,1206	0,0198
30 - 50	0,0234	0,0980	0,0136
50 - 70	0,0188	0,0843	0,0100
>70	0,0209	0,0941	0,0104

Drivstofforbruk

	ml/s			
Fi (tomgang)	3,4	F1 (ved 90 km/t)	30,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	12,0	F2 (ved 120km/t)	38,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	3,2	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		65	km/t	

Lastebiler - diesel > 16 tonn
Undergruppe: 11 - 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,075	0,45	0,075
NOx	0,54	2,6	0,33
NMVOC	0,075	0,21	0,075

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,0450	0,1840	0,0266
30 - 50	0,0334	0,1432	0,0176
50 - 70	0,0261	0,1219	0,0126
>70	0,0283	0,1357	0,0130

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	4,1	F1 (ved 90 km/t)	33,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	12,0	F2 (ved 120km/t)	41,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	3,9	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		65	km/t	

Lastebiler - diesel > 16 tonn
Undergruppe: > 15 år Enhet: g/s
Utslippskoeffisienter

	IER (g/s) Tomgang	AER (g/s) Akselerasjon	DER (g/s) Oppbremsing
CO	0,25	1,42	0,25
NOx	0,54	2,7	0,33
NMVOC	0,08	0,24	0,08

**Jevn kjøring
(cruising)**

Hastighet (km/t)	CO	NOx	NMVOC
<30	0,1569	0,3250	0,0531
30 - 50	0,1144	0,2485	0,0351
50 - 70	0,0877	0,2077	0,0245
>70	0,0957	0,2304	0,0251

Drivstofforbruk

ml/s				
Fi (tomgang)	4,5	F1 (ved 90 km/t)	35,0	l/100km
C1 (akselerasjon)	12,0	F2 (ved 120km/t)	44,0	l/100km
C2 (akselerasjon)	0,6	Fd (ved oppbremsing)	4,0	ml/s
Hastighet ved min. forbruk:		65	km/t	

