

Interne notater

STATISTISK SENTRALBYRÅ

87/2

19. januar 1987

OVERGANG FRA PRIVAT TIL KOLLEKTIV TRANSPORT:

VIRKNINGER PÅ UTSLIPP I OSLO/AKERSHUS.

av

Knut H. Alfsen og Audun Rosland

Innhold

1. Innledning.	1
2. Trafikkarbeid.	2
3. Kollektivandeler.	4
4. Trafikkflyt.	5
5. Utslippskoeffisienter.	6
6. Utslipp til luft.	7
6.1 Alternativ 1.	8
6.2 Alternativ 2.	13
6.3 Alternativ 3.	16
6.4 Alternativ 4.	19
6.5 Alternativ 5.	22
7. Sammendrag.	25
Vedlegg A. En formalisert framstilling.	32
Referanser.	38

1. Innledning.

Luftforurensninger fra biltrafikk representerer en vesentlig miljøforringelse i flere byer og tettsteder i Norge. I den forbindelse kan det være interessant å studere hvorvidt en øket satsing på kollektive transportmidler kan forventes å forbedre situasjonen betydelig. Satsingen kan tenkes skje på ulike sett som for eksempel øket subsidiering av kollektive transportmidler, avgift på privat bilkjøring i hardt belastede områder, fysisk avsperring av belastede sentrumsområder e.l. Tiltakenes form vil ikke bli diskutert nærmere her. Utgangspunktet er at det har lyktes myndighetene å øke kollektivtransporten på bekostning av privat kjøring. Effekter av en slik overgang vil bli studert, med utgangspunkt i data for Oslo/Akershus regionen for 1983.

Tre utslippskomponenter knyttet til biltrafikk vil bli behandlet i dette notatet:

- i) Karbonmonoksid (CO)
- ii) Hydrokarboner (HC)
- iii) Nitrogenoksider (NO_x)

Som datakilder har vært benyttet NOS: Eie og bruk av privatbil 1980, NOS: Samferdselsstatistikken 1983, NOS: Rutebilstatistikken 1983, og A. Rosland: Regionaliserte utslipp til luft (upublisert notat).

2. Trafikkarbeid.

Kollektive transportmidler utførte i 1983 et trafikkarbeid på ialt 1825 millioner passasjer- eller personkilometer (p.km) i Oslo og Akershus. Målt med antall passasjerkilometer, utgjorde bussandelen av det kollektive trafikkarbeidet ca. 33.5 prosent. Fordelingen av kollektivreiser på de ulike transportmidler er vist i tabell 1, sammen med trafikkarbeid utført av lette kjøretøyer (person- og varebiler) i samme periode.

Tabell 1. Kollektivtransport og transport med lette kjøretøyer i Oslo/Akershus, 1983.

	Millioner passasjerkm.	Gj.snittelig passasjer- antall pr. vogn	Prosent- vis andel av trafikk- arbeid
Forstadsbaner	182	37.4	2.1
Tunnelbaner	236	26.2	2.7
Sporvogner	52	19.4	0.6
Tog	743	..	8.4
Rutebiler	611	13.39	6.9
Kollektivtransport ialt	1825	..	20.7
Arbeidsreiser	1308	1.31	14.9
Annet lett trafikkarbeid	5635	2.07	64.1
Lett trafikkarbeid ialt	6972	1.87	79.2
Kollektiv- og lett trafikkarbeid ialt	8798		100.0

Person- og varebiler utførte et trafikkarbeid på tilsammen 6972 millioner personkilometer i Oslo og Akershus i 1983. Av dette var 1308 millioner personkilometer kjøring til og fra arbeid (arbeidsreiser). De øvrige 5635 millioner personkilometer representerer vare- og taxikjøring eller transport i annet øyemed enn reise til og fra arbeid. Alt i alt ble det i 1983 utført et trafikkarbeid på 8798 millioner personkilometer av kollektive transportmidler og lette vare- og personbiler. I dette notatet vil det bli antatt at totalt trafikkarbeid uttrykt i personkilometer er konstant og uavhengig av kollektivandelen av trafikkarbeidet. Etterspørselen etter transporttjenester (uttrykt i personkilometer) antas med andre ord ikke å endres som følge av bedre tilbud til kollektivreisende.

Gjennomsnittelig personbelegg under arbeidsreiser var 1.31 person per bil. Annen kjøring hadde et gjennomsnitt på 2.1 personer per bil.

Trafikkarbeid utført av lastebiler og andre motoriserte framkomstmidler enn de som er nevnt ovenfor er ikke med i tabellen og vi velger å holde dette trafikkarbeidet utenfor når vi nedenfor skal beregne kollektivandelen av transportarbeidet. Tyngre lastebiler utførte i 1983 et arbeid på ialt ca. 379 millioner vognkilometer i Oslo og Akershus. (Personbelegget er ikke kjent for denne type transport).

3. Kollektivandeler.

Fra tabell 1 finner vi at 20.7 prosent av alt trafikkarbeid, målt i personkilometer og eksklusiv lastebiltransport, var kollektiv transport i 1983 i Oslo/Akershusregionen. Vi betegner denne kollektivandelen av trafikkarbeidet med q . Samme år var bare 18.8 prosent av trafikkarbeidet med lette kjøretøyer (vare- og personbiler) arbeidsreiser, dvs. reiser til og fra hjem/arbeidssted. Om samtlige av arbeidsreisene ble overført til kollektive transportmidler ville kollektivandelen, q , øke fra ca. 21 prosent til noe i underkant av 36 prosent ($q = 0.207$ og 0.356 , henholdsvis). Dette bestemmer i stor grad den maksimale reduksjon man kan oppnå i utslipp til luft ved reduksjon av private arbeidsreiser i Oslo og Akershus.

I dette notatet antar vi at myndighetenes kan påvirke kollektivandelen, q . Vi vil kartlegge hvordan utslipp til luft av endel forurensningskomponenter varierer med q under endel ulike forutsetninger om hvordan overgangen til større kollektivandel skjer. Variasjonsområdet for kollektivandelen er valgt fra 21 prosent og opp til 50 prosent. Denne øvre grense er over den kollektivandel en får om alle arbeidsreiser overføres til kollektive transportmidler. For å oppnå en kollektivandel på 50 prosent må det derfor overføres trafikkarbeid fra annen lett kjøring (taxi- og varekjøring eller kjøring med privatbil til andre destinasjoner enn arbeid/hjem). Vi antar at overgangen til kollektive transportmidler skjer sekvensielt, det vil si at først overføres trafikkarbeid fra arbeidsreiser, deretter fra øvrig

lett trafikk. Det er rimelig å tro at arbeidsreiser er mer forurensende (målt i utslipp pr. personkilometer) enn annet lett trafikkarbeid da en stor del av arbeidsreisene skjer under forhold som kan karakteriseres som rush-trafikk, mens annet lett trafikkarbeid skjer under gunstigere trafikkforhold. Forenklingen om at overgangen til kollektivtrafikk skjer sekventielt medfører derfor antakelig at vi overvurderer reduksjonen i utslipp til luft noe når kollektivandelen økes.

4. Trafikkflyt.

Vi vil også vurdere utslippene når ulike antakelser gjøres om trafikkflyten i rush-tiden i Oslo og Akershus. I utgangspunktet er det definert 2 typer kjøremønstre:

i) Bykjøring

ii) Landeveiskjøring

Andelen av bykjøring under arbeidsreiser benevner vi n , mens andelen av bykjøring for øvrig lett trafikkarbeid benevnes m . I utgangspunktet, dvs. før det er overført noe trafikkarbeid til kollektivtrafikken, antar vi skjønnsmessig at $n = 0.5$ og $m = 0.3$. m antas å være konstant i alle våre beregninger. Bakgrunnen for forskjellen mellom n og m er at arbeidsreiser i større grad enn øvrig lett trafikkarbeid finner sted i rush-tiden, hvor kjøremønsteret har større preg av bykjøring enn på andre tider av døgnet. Ved større bruk av kollektive trafikkmidler vil flyten i gjenværende rush-trafikk bedres, det vil si n reduseres. I ett av beregningsalternativene (alternativ nr. 3) vil dette bli studert

nærmere. Man kan imidlertid ikke se bort fra muligheten at øket satsing på kollektivtrafikk ikke vil påvirke flyten i trafikken nevneverdig. Blant annet er kollektivtrafikk et hinder for annen trafikk.

5. Utslippskoeffisienter.

Utslippskoeffisientene som benyttes i dette notatet er hentet fra Rosland (1986) og er vist i tabell 2.

Tabell 2. Utslippskoeffisienter. Tonn pr. million vognkilometer.

Kjøretøy	Type kjøring	CO	HC	NO _x
Buss, lastebil	By	7.70	1.50	8.30
Lett kjøretøy	By	46.00	4.20	1.70
Lett kjøretøy	Land	10.50	1.25	2.23

Samtlige tunge kjøretøy er antatt å bruke autodiesel som brennstoff, mens lette kjøretøyer er antatt å bruke bensin. For enkelhetsskyld antas det at all kjøring med tunge kjøretøyer (busser og lastebiler) skjer som bykjøring. Utslippene antas å være proporsjonale med antall vognkilometer kjørt av de forskjellige kjøretøyene (tung og lette kjøretøy) under de ulike kjøreforhold (bykjøring eller landeveiskjøring).

6. Utslipp til luft.

Hvordan utslipp til luft fra mobile kilder vil øke når kollektivandelen av trafikkarbeidet øker vil avhenge av hvordan kollektivtrafikken vil fordele seg på ulike kollektive transportmidler (trikk, tog, buss, osv.), hvor den økte kollektivtrafikken tas fra (arbeidsreiser eller annet lett trafikkarbeid), hvordan overgangen til øket bruk av kollektive transportmidler vil påvirke flyten (dvs. gjennomsnittshastigheten) i bytrafikken, og hvordan gjennomsnittelig passasjerantall i privatbiler og busser vil endres som følge av overgang fra privat til kollektiv transport. Øket bruk av buss i kollektivtrafikken vil isolert sett gi større utslipp enn om bussandelen av kollektivtrafikken holdes på dagens nivå (33.5 prosent målt i personkilometer). Videre vil overgang fra arbeidsreiser gi større utslippsreduksjoner for CO og HC enn om overgangen skjer fra annet lett trafikkarbeid, siden arbeidsreiser i større grad skjer under forhold som kan karakteriseres som rush-trafikk, og hvor utslipp pr. vognkilometer er store for disse utslippskomponentene. NO_x derimot har en høyere utslippskoeffisient jo bedre trafikkflyten er. Bedret flyt i trafikken på grunn av øket kollektivandel vil derfor ha motstridende effekter på NO_x utslippene. Siden vi i dette notatet antar at totalt trafikkarbeid fra kollektive og lette kjøretøyer, målt i personkilometer, er konstant, og siden utslippene er antatt proporsjonale med antall vognkilometer, vil passasjerbelegget (antall passasjerer pr. vogn) påvirke totale utslipp. Den største reduksjonen i antall vognkilometer får en om det først og fremst er personer i biler med få passasjerer som

går over til å benytte kollektive transportmidler. Hvis derimot kollektive transportmidler gjøres mer attraktive ved å redusere antall passasjerer pr. vogn (trikk, tog eller buss), vil dette isolert sett føre til større utslipp.

Disse faktorer vil bli belyst ved ulike beregningsalternativer (5 ialt) som bygger på ulike kombinasjoner av forutsetninger. De ulike alternativer vil bli beskrevet og kommentert i de følgende avsnitt. En formalisert framstilling av utslippberegningene er gitt i Vedlegg A.

6.1 Alternativ 1.

Dette alternativet vil fungere som et "basisalternativ". I de øvrige alternativer vil vi så gjøre endringer i noen av forutsetningene som er lagt til grunn i alternativ 1.

Busser hadde i 1983 ca. 33.5 prosent av all kollektivtransport, målt i personkilometer, i Oslo og Akershus. Denne andelen vil bli betegnet med r i det følgende, dvs. $r = 0.335$.

I alternativ 1 forutsettes det at bussandelen av total kollektivtrafikk (r) forblir uendret med økende kollektivandel (q). Likeså forutsettes det at personbelegget på busser (p_{BUSS}) og private biler i arbeidsreiser (p_{ARB}) forblir uendret, dvs. $p_{BUSS} = 13.39$ og $p_{ARB} = 1.31$ også etter en økning i kollektivtrafikkandelen. Videre forutsettes det i alternativ 1 at kjøremønsteret, det vil si fordeling mellom by- og landeveiskjøring, er upåvirket av overgangen til kollektivtransport. Konkret settes andelen av

bykjøring blant arbeidsreiser lik $n=0.5$, mens annen lett trafikk antas å ha en andel bykjøring lik $m=0.3$. Kombinert med utslippskoeffisientene i tabell 2, kan nå effektive utslippskoeffisienter beregnes for hver kategori trafikkarbeid. Størrelser antatt konstante i alternativ 1, dvs. som ikke varierer med kollektivandelen, er vist i tabell 3.

Tabell 3. Konstanter. Alternativ 1.

Beskrivelse	Navn	Verdi
Millioner personkilometer, koll. og lett tr.arb.	PTOT	8798
Bussandel av kollektivtrafikk (målt i p.km)	r	0.34
Personbelegg, buss	pBUSS	13.39
Personbelegg, arbeidsreiser	pARB	1.31
Personbelegg, annet lett trafikkarbeid	pAL	2.07
Trafikkflyt, arbeidsreiser (andel bykjøring)	n	0.50
Trafikkflyt, annet lett tr.arbeid (andel bykjøring)	m	0.30
Effektive utslippskoeffisienter, (Tonn/mill.vognkm):		
Karbonmonoksid (CO):		
Arbeidsreiser		28.25
Annen lett trafikk		21.15
Busstrafikk		7.70
Hydrokarboner (HC):		
Arbeidsreiser		2.72
Annen lett trafikk		2.14
Busstrafikk		1.50
Nitrogenoksider (NO _x):		
Arbeidsreiser		1.96
Annen lett trafikk		2.07
Busstrafikk		8.30

Gitt fordelingen av antall personkilometer og gjennomsnittelig personbelegg på de ulike transporttyper, er det mulig å regne ut antall vognkilometer tilbakelagt av de ulike framkomstmidlene i løpet av ett år. Dette er vist i tabell 4, som viser trafikk-

arbeid målt i personkilometer og i vognkilometer for ulike verdier av kollektivandelen q .

Tabell 4. Trafikkarbeid som funksjon av kollektivandel. Alternativ 1.
Millioner person- og vognkilometer.

.....

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

.....

PERSONKILOMETER (Millioner)

Kollektivtrafikk	1825	2177	2529	2881	3233	3584	3936	4288
Buss	612	730	848	966	1084	1202	1320	1438
Annen koll.tr.	1213	1447	1681	1915	2148	2382	2616	2850
Lett trafikk	6972	6621	6269	5917	5565	5213	4861	4509
Arbeidsreiser	1308	956	604	252	0	0	0	0
Annen lett tr.	5665	5665	5665	5665	5565	5213	4861	4509

VOGNKILOMETER (Millioner)

Buss	46	54	63	72	81	90	99	107
Arbeidsreiser	999	730	461	192	0	0	0	0
Annen lett trafikk	2736	2736	2736	2736	2688	2518	2348	2178
Lastebiler	379	379	379	379	379	379	379	379

.....

Tabell 4 viser hvordan private arbeidsreiser reduseres, mens antall personkilometer kjørt med buss og andre kollektive transportmidler øker når kollektivandelen øker under de forutsetninger vi har lagt til grunn i alternativ 1. Ved en kollektivandel på rundt 0.36 er alle arbeidsreiser overført kollektivtrafikken. Videre overgang til kollektivtrafikk skjer deretter fra annet lett trafikkarbeid. Summen av lett og kollektivt trafikkarbeid, målt i personkilometer, er antatt å være uavhengig av kollektivandelen q og bussandelen av kollektivtrafikken holdes konstant.

Utslipp til luft er antatt å være proporsjonalt med antall vognkilometer tilbakelagt av de ulike vogntyper under ulike kjøreforhold (by/land), se tabell 2. Alt trafikkarbeid utført av tunge kjøretøyer (buss, lastebil) er antatt å skje under forhold som kan karakteriseres som bykjøring. Beregnet utslipp av CO, HC og NO_x fra mobile kilder er vist i tabellene 5 - 7, sammen med utslipp fra andre, ikke spesifiserte kilder (stasjonær forbrenning, industrielle prosesser, fordampning o.l.). Utslipp fra andre kilder enn trafikk må selvsagt tas i betrakning når man skal vurdere størrelsen på de utslippsreduksjoner man kan oppnå ved øket satsing på kollektive transportmidler.

Tabell 5. Utslipp av karbonmonoksid (CO). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Busser	.4	.4	.5	.6	.6	.7	.8	.8
Arbeidsreiser	28.2	20.6	13.0	5.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	57.9	57.9	57.9	57.9	56.8	53.2	49.6	46.0
Trafikk ialt	89.4	81.8	74.3	66.8	60.4	56.9	53.3	49.8
Andre utslipp	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
Ialt	117.4	109.8	102.3	94.8	88.4	84.9	81.3	77.8

Tabell 6. Utslipp av hydrokarboner (HC). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
Busser	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2
Arbeidsreiser	2.7	2.0	1.2	.5	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.8	5.8	5.8	5.8	5.7	5.4	5.0	4.6
Trafikk ialt	9.2	8.5	7.8	7.0	6.4	6.1	5.7	5.4
Andre utslipp	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ialt	19.2	18.5	17.8	17.0	16.4	16.1	15.7	15.4

Tabell 7. Utslipp av nitrogenoksider (NO_x). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Busser	.4	.4	.5	.6	.7	.7	.8	.9
Arbeidsreiser	2.0	1.4	.9	.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	4.9	4.5
Trafikk ialt	11.2	10.7	10.2	9.8	9.4	9.1	8.8	8.6
Andre utslipp	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Ialt	14.4	14.0	13.5	13.1	12.7	12.4	12.1	11.8

Tabellene viser at under forutsetningene i alternativ 1 kan utslipp av CO fra mobile kilder reduseres med opp til ca. 44 prosent, HC med opp til ca. 42 prosent og NO_x med opp til 23 prosent hvis kollektivandelen økes opp mot 50 prosent. Hvis derimot "bare" arbeidsreisene overføres til kollektivtrafikk, dvs. kollektivandelen økes til ca 34 prosent, viser beregningene at utslippene fra mobile kilder reduseres med omtrent 26 prosent for CO, 24 prosent for HC og 13 prosent for NO_x. Utslippselastisitetene, beregnet som prosentvis reduksjon i utslipp som skyldes

transportvirksomhet ved 1 prosent økning i kollektivandelen, varierer noe med denne andelen. For CO finner vi elastisiteter mellom 0.5 og 1.0, med de laveste elastisitetene for de laveste kollektivandelene. For HC er tilsvarende intervall 0.5 - 0.9, mens NO_x utslippene har en elastisitet på mellom 0.2 og 0.4. Effekten av øket kollektivtrafikk er derfor størst for utslipp av CO, noe som skyldes at mobile utslipp fra lett trafikkarbeid utgjør en stor andel av CO utslipp fra alt trafikkarbeid; i utgangspunktet over 96 prosent av trafikkrelaterte utslipp. Tilsvarende andeler for HC og NO_x er henholdsvis 92 og 69 prosent.

Tar vi utslipp fra andre kilder enn trafikk med i betrakningen blir selvfølgelig de prosentvise endringer i totale utslipp som følge av øket kollektivtrafikk mindre. Andelen av de totale utslipp som ikke stammer fra trafikken er i utgangspunktet henholdsvis 24, 52 og 23 prosent for CO, HC og NO_x . Dette betyr at for HC's vedkommende betyr reduksjoner som følge av øket kollektivtrafikk relativt mindre enn for de to andre komponentene.

6.2 Alternativ 2.

Alternativ 2 er i det alt vesentlige som alternativ 1, med det unntaket at overgangen fra privat, lett trafikkarbeid til kollektivtrafikk i sin helhet skjer til busser. Derved vil bussenes andel av kollektivtrafikkarbeidet, r , øke. Dette er vist i tabell 8.

Tabell 8. Trafikkarbeid som funksjon av kollektivandel. Alternativ 2.
 Millioner person- og vognkilometer.

.....

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

.....

BUSSANDEL AV KOLLEKTIVTRAFIKKEN.

Bussandel	.335	.443	.520	.579	.625	.662	.692	.717
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------

PERSONKILOMETER (Millioner)

Kollektiv trafikk	1825	2177	2529	2881	3233	3584	3936	4288
Buss trafikk	612	964	1316	1668	2020	2372	2723	3075
Annen koll.tr.	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213
Lett trafikk	6972	6621	6269	5917	5565	5213	4861	4509
Arbeidsreiser	1308	956	604	252	0	0	0	0
Annen lett tr.	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665

VOGNKILOMETER (Millioner)

Buss trafikk	46	72	98	125	151	177	204	230
Arbeidsreiser	999	730	461	192	0	0	0	0
Annen lett trafikk	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736
Lastebiler	379	379	379	379	379	379	379	379

.....

Forskjellen fra alternativ 1 er at i alternativ 2 øker trafikkarbeidet utført av busser raskere med økende kollektivandel. Trafikkarbeidet til annen kollektivtrafikk er derimot konstant og uavhengig av kollektivandelen i dette alternativet. De resulterende utslipp er vist i tabellene 9 - 11.

Tabell 9. Utslipp av karbonmonoksid (CO). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Busser	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
Arbeidsreiser	28.2	20.6	13.0	5.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	57.9	57.9	57.9	57.9	56.8	53.2	49.6	46.0
Trafikk ialt	89.4	82.0	74.6	67.2	60.9	57.5	54.1	50.8
Andre utslipp	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
Ialt	117.4	110.0	102.6	95.2	88.9	85.5	82.1	78.8

Tabell 10. Utslipp av hydrokarboner (HC). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
Busser	.1	.1	.1	.2	.2	.3	.3	.3
Arbeidsreiser	2.7	2.0	1.2	.5	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.8	5.8	5.8	5.8	5.7	5.4	5.0	4.6
Trafikk ialt	9.2	8.5	7.8	7.1	6.5	6.2	5.9	5.6
Andre utslipp	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ialt	19.2	18.5	17.8	17.1	16.5	16.2	15.9	15.6

Tabell 11. Utslipp av nitrogenoksider (NO_x). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Busser	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9
Arbeidsreiser	2.0	1.4	.9	.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	4.9	4.5
Trafikk ialt	11.2	10.8	10.5	10.2	10.0	9.8	9.7	9.6
Andre utslipp	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Ialt	14.4	14.1	13.8	13.5	13.3	13.1	13.0	12.9

Tabellene viser små økninger i utslipp av CO og HC jamført med utslippene beregnet under forutsetningene i alternativ 1. Dette forklares ved at busser står for en meget liten del av de totale utslipp av CO og HC. Utslipp av NO_x er noe større enn i alternativ 1. Potensiell reduksjon i utslipp fra mobile kilder av denne komponenten innenfor for de rammer for kollektivtrafikk som er satt i dette notatet, minker fra 23 til 14 prosent. Utslippselastisiteten reduseres samtidig med ca. 0.1 fra et intervall 0.2 - 0.4 til 0.1 - 0.32.

6.3 Alternativ 3.

Alternativ 3 bygger på alternativ 2, men antar i tillegg at flyten i rush-trafikken bedres noe ved øket bruk av kollektive transportmidler. Andelen av kjøring under bymessige forhold for arbeidsreiser antas å avta lineært fra $n=0.5$ ved en kollektivandel på 21 prosent ($q = 0.21$, dagens forhold) til $n = 0.3$ ved en kollektivandel på 50 prosent ($q = 0.5$); det vil si:

$$n = -0.714 \cdot \delta q + 0.5$$

der δq er endring (fra dagens forhold) av kollektivandelen. At andelen kjøring under bymessige forhold varierer med kollektivandelen medfører at også de effektive utslippskoeffisientene (tonn utslipp pr. vognkilometer) vil variere med kollektivandelen. Effektive utslippskoeffisienter og verdien av n som funksjon av kollektivandelen (q) og er gitt i tabell 12.

Tabell 12. Trafikkflytparameter for arbeidsreiser, og effektive utslippskoeffisienter. Alternativ 3.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49

TRAFIKK FLYT (1=BY, 0=LAND)								
Arbeidsreiser (n)	.50	.47	.44	.41	.38	.36	.33	.30
EFFEKTIVE UTSLIPPSKOEFFISIENTER FOR ARBEIDSREISER. (Tusen tonn/mill.vognkm.)								
CO:	28.25	27.24	26.22	25.21	24.19	23.18	22.17	21.15
HC:	2.72	2.64	2.56	2.47	2.39	2.30	2.22	2.14
NO _x	1.96	1.98	2.00	2.01	2.02	2.04	2.06	2.07

Tabell 13. Trafikkarbeid som funksjon av kollektivandel. Alternativ 3.
Millioner person- og vognkilometer.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49

BUSSANDEL AV KOLLEKTIVTRAFIKKEN.								
Bussandel	.335	.443	.520	.579	.625	.662	.692	.717
PERSONKILOMETER (Millioner)								
Kollektivtrafikk	1825	2177	2529	2881	3233	3584	3936	4288
Buss	612	964	1316	1668	2020	2372	2723	3075
Annen koll.tr.	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213
Lett trafikk	6972	6621	6269	5917	5565	5213	4861	4509
Arbeidsreiser	1308	956	604	252	0	0	0	0
Annen lett tr.	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665
VOGNKILOMETER (Millioner)								
Buss	46	72	98	125	151	177	204	230
Arbeidsreiser	999	730	461	192	0	0	0	0
Annen lett tr.	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736
Lastebiler	379	379	379	379	379	379	379	379

Trafikkarbeidet i alternativ 3 er som vist i tabell 13. Dette gir følgende utslipp som funksjon av kollektivandel (tabell 14 - 16):

Tabell 14. Utslipp av karbonmonoksid (CO). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Busser	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
Arbeidsreiser	28.2	19.9	12.1	4.8	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	57.9	57.9	57.9	57.9	56.8	53.2	49.6	46.0
Trafikk ialt	89.4	81.2	73.6	66.6	60.9	57.5	54.1	50.8
Andre utslipp	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
Ialt	117.4	109.2	101.6	94.6	88.9	85.5	82.1	78.8

Tabell 15. Utslipp av hydrokarboner (HC). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
Busser	.1	.1	.1	.2	.2	.3	.3	.3
Arbeidsreiser	2.7	1.9	1.2	.5	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.8	5.8	5.8	5.8	5.7	5.4	5.0	4.6
Trafikk ialt	9.2	8.4	7.7	7.1	6.5	6.2	5.9	5.6
Andre utslipp	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ialt	19.2	18.4	17.7	17.1	16.5	16.2	15.9	15.6

Tabell 16. Utslipp av nitrogenoksider (NO_x). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Busser	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9
Arbeidsreiser	2.0	1.4	.9	.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	4.9	4.5
Trafikk ialt	11.2	10.8	10.6	10.2	10.0	9.8	9.7	9.6
Andre utslipp	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Ialt	14.4	14.2	13.8	13.5	13.3	13.1	13.0	12.9

Utslippene beregnet under alternativ 3 er i nesten identiske med utslippene beregnet i alternativ 2. Dette henger sammen med at endringen i trafikkflyten for arbeidsreiser faller sammen med en sterk reduksjon i denne type trafikkarbeid. Utslagene på samlet utslipp av bedre trafikkflyt er derfor meget små.

6.4 Alternativ 4.

Alternativ 4 bygger på alternativ 3, men antar i tillegg at overgangen til kollektivtransport først skjer blant den delen av privatbilister som har færrest passasjerer. Med andre ord; gjennomsnittlig passasjerbelegg ved private arbeidsreiser vil øke etter som kollektivandelen øker. Vi antar, for å illustrere effekten, at dagens personbelegg ved arbeidsreiser (1.31 personer pr. bil) øker lineært til 2 personer pr. bil ved en kollektivandel på 50 prosent. Personbelegget ved arbeidsreiser følger da formelen:

$$p_{ARB} = 2.468 * \delta q + 1.31$$

Dette gir følgende verdier for personbelegget som funksjon av kollektivandelen (tabell 17):

Tabell 17. Personbelegg (personer/vogn) etter kollektivandel for arbeidsreiser, Oslo/Akershus. 1983. Alternativ 4.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Arbeidsreiser	1.31	1.46	1.56	1.65	1.75	1.85	1.95	2.00

Det forutsettes at personbelegget på busser og i øvrig lett trafikkarbeid er uendret i dette alternativet.

Økningen av personbelegget i private biler på arbeidsreiser vil selvfølgelig gi reduksjon i trafikkarbeidet målt i antall vognkilometer. Antall vognkilometer under ulike kollektivandeler og med justerte personbelegg for private arbeidsreiser, er vist i tabell 18.

Tabell 18. Trafikkarbeid som funksjon av kollektivandel. Alternativ 4.
Millioner person- og vognkilometer.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
.....								
BUSSANDEL AV KOLLEKTIVTRAFIKKEN.								
Bussandel	.335	.443	.520	.579	.625	.662	.692	.717
PERSONKILOMETER (Millioner)								
Kollektiv trafikk	1825	2177	2529	2881	3233	3584	3936	4288
Buss	612	964	1316	1668	2020	2372	2723	3075
Annen.koll.tr.	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213
Lett trafikk	6972	6621	6269	5917	5565	5213	4861	4509
Arbeidsreiser	1308	956	604	252	0	0	0	0
Annen lett tr.	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665
VOGNKILOMETER (Millioner)								
Buss	46	72	98	125	151	177	204	230
Arbeidsreiser	999	679	401	157	0	0	0	0
Annen lett tr.	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736
Lastebiler	379	379	379	379	379	379	379	379
.....								

Utslipp av CO, HC og NO_x under forutsetningene i alternativ 4 er vist i tabellene 19 - 21.

Tabell 19. Utslipp av karbonmonoksid (CO). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Busser	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
Arbeidsreiser	28.2	19.2	11.3	4.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	57.9	57.9	57.9	57.9	56.8	53.2	49.6	46.0
Trafikk ialt	89.4	80.5	72.9	66.2	60.9	57.5	54.1	50.8
Andre utslipp	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
Ialt	117.4	108.5	100.9	94.2	88.9	85.5	82.1	78.8

Tabell 20. Utslipp av hydrokarboner (HC). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
Busser	.1	.1	.1	.2	.2	.3	.3	.3
Arbeidsreiser	2.7	1.8	1.1	.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.8	5.8	5.8	5.8	5.7	5.4	5.0	4.6
Trafikk ialt	9.2	8.4	7.6	7.0	6.5	6.2	5.9	5.6
Andre utslipp	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ialt	19.2	18.4	17.6	17.0	16.5	16.2	15.9	15.6

Tabell 21. Utslipp av nitrogenoksider (NO_x). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Busser	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9
Arbeidsreiser	2.0	1.3	.8	.3	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	4.9	4.5
Trafikk ialt	11.2	10.7	10.4	10.2	10.0	9.8	9.7	9.6
Andre utslipp	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Ialt	14.4	14.0	13.7	13.4	13.3	13.1	13.0	12.9

Det er små endringer i de beregnede utslippene i alternativ 4 når de sammenholdes med utslippene basert på forutsetningene i alternativ 3. Avvikene er størst for moderate kollektivandeler (q omtrent lik 0.3). At avvikene blir små skyldes at effekten av den underliggende reduksjonen i arbeidsreiser pga. overgang til kollektive transportmidler er langt større enn reduksjonen i antall vognkilometer som følger av en moderat økning i antall personer pr. bil. Med andre ord, når biler med et lavt passasjerbelegg er fjernet, er - ifølge antakelsene i alternativ 4 - de fleste arbeidsreiser allerede overført til kollektive transportmidler, og utslippsreduksjoner som følge av å fjerne biler med få passasjerer først blir liten. Som ventet er effekten allikevel størst ved moderate kollektivandeler, det vil si mens det enda utføres trafikkarbeid av noe omfang i form av private arbeidsreiser.

6.5 Alternativ 5.

Alternativ 5 bygger på alternativ 4, men antar i tillegg at passasjerbelegget på busser omtrent halveres i forhold til dagens situasjon. Mens antall passasjerer per buss (pBUSS) idag er omtrent 13.39, setter vi i alternativ 5 denne variabelen lik 7.0. Dette er ment å gjenspeile effekten av at en vesentlig standardforbedring brukes som middel for å øke kollektivandelen. Dette vil påvirke antall vognkilometer kjørt av busser, og dermed utslipp fra denne typen trafikkarbeid. Øvrig trafikkarbeid er som i alternativ 4, se tabell 24.

Tabell 24. Trafikkarbeid som funksjon av kollektivandel. Alternativ 5.
Millioner person- og vognkilometer.

.....

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

.....

BUSSANDEL AV KOLLEKTIVTRAFIKKEN.

Bussandel	.335	.443	.520	.579	.625	.662	.692	.717
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------

PERSONKILOMETER (Millioner)

Kollektiv trafikk	1825	2177	2529	2881	3233	3584	3936	4288
Buss	612	964	1316	1668	2020	2372	2723	3075
Annen koll.tr.	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213
Lett trafikk	6972	6621	6269	5917	5565	5213	4861	4509
Arbeidsreiser	1308	956	604	252	0	0	0	0
Annen lett tr.	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665	5665

VOGINKILOMETER (Millioner)

Buss	87	138	188	238	288	339	389	439
Arbeidsreiser	999	679	401	157	0	0	0	0
Annen lett tr.	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736
Lastebiler	379	379	379	379	379	379	379	379

.....

Utslippene beregnet på grunnlag av antakelsene gjort i alternativ 5, er vist i tabellene 25 - 27.

Tabell 25. Utslipp av karbonmonoksid (CO). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

.....

Kollektivandel (q)		.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
--------------------	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

.....

Lastebiler	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Busser	.7	1.1	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	
Arbeidsreiser	28.2	19.2	11.3	4.4	.0	.0	.0	.0	
Annen lett trafikk	57.9	57.9	57.9	57.9	56.8	53.2	49.6	46.0	
Trafikk ialt	89.7	81.0	73.6	67.0	62.0	58.8	55.6	52.4	
Andre utslipp	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	
Ialt	117.7	109.0	101.6	95.0	90.0	86.8	83.6	80.4	

.....

Tabell 26. Utslipp av hydrokarboner (HC). Oslo/Akørshus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
Busser	.1	.2	.3	.4	.4	.5	.6	.6
Arbeidsreiser	2.7	1.8	1.1	.4	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.8	5.8	5.8	5.8	5.7	5.4	5.0	4.6
Trafikk ialt	9.3	8.5	7.8	7.2	6.7	6.4	6.2	5.9
Andre utslipp	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ialt	19.3	18.5	17.8	17.2	16.7	16.4	16.2	15.9

Tabell 27. Utslipp av nitrogenoksider (NO_x). Oslo/Akershus, 1983. 1000 tonn.

Kollektivandel (q)	.21	.25	.29	.33	.37	.41	.45	.49
Lastebiler	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Busser	.7	1.1	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
Arbeidsreiser	2.0	1.3	.8	.3	.0	.0	.0	.0
Annen lett trafikk	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	4.9	4.5
Trafikk ialt	11.5	11.3	11.2	11.1	11.1	11.2	11.2	11.3
Andre utslipp	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Ialt	14.8	14.6	14.5	14.4	14.4	14.5	14.5	14.6

Å halvere passasjerbelegget på busser fører til relativt store økninger i utslipp av alle komponenter sammenliknet med utslippene beregnet i alternativ 4. Effekten er allikevel størst for utslipp av NO_x, hvor overgangen fra lette kjøretøyer til buss ikke fører til vesentlige utslippsreduksjoner i det hele tatt. Dette gjelder spesielt for den delen av det lette trafikkarbeidet som tas fra annen type kjøring enn arbeidsreiser. Utslippselastisiteten (prosentvis reduksjon i utslipp fra mobile kilder pr. prosent økning i kollektivandelen) er den 0.4 - 0.7, mens utslippselastisiteten for NO_x er nær null i dette alternativet.

Maksimal reduksjon i trafikkrelaterte utslipp til luft, det vil si reduksjon i utslipp som følge av at kollektivandelen øker fra 0.21 til nær 0.5, er under forutsetningene i alternativ 5 redusert til ca. 42, 37 og 2 prosent henholdsvis for forurensningskomponentene CO, HC og NO_x.

7. Sammendrag.

Resultatene av beregningene i dette notatet er illustrert i henholdsvis figur 1, 2 og 3 for de tre komponentene CO, HC og NO_x. Beregninger basert på samtlige alternativer er representert.

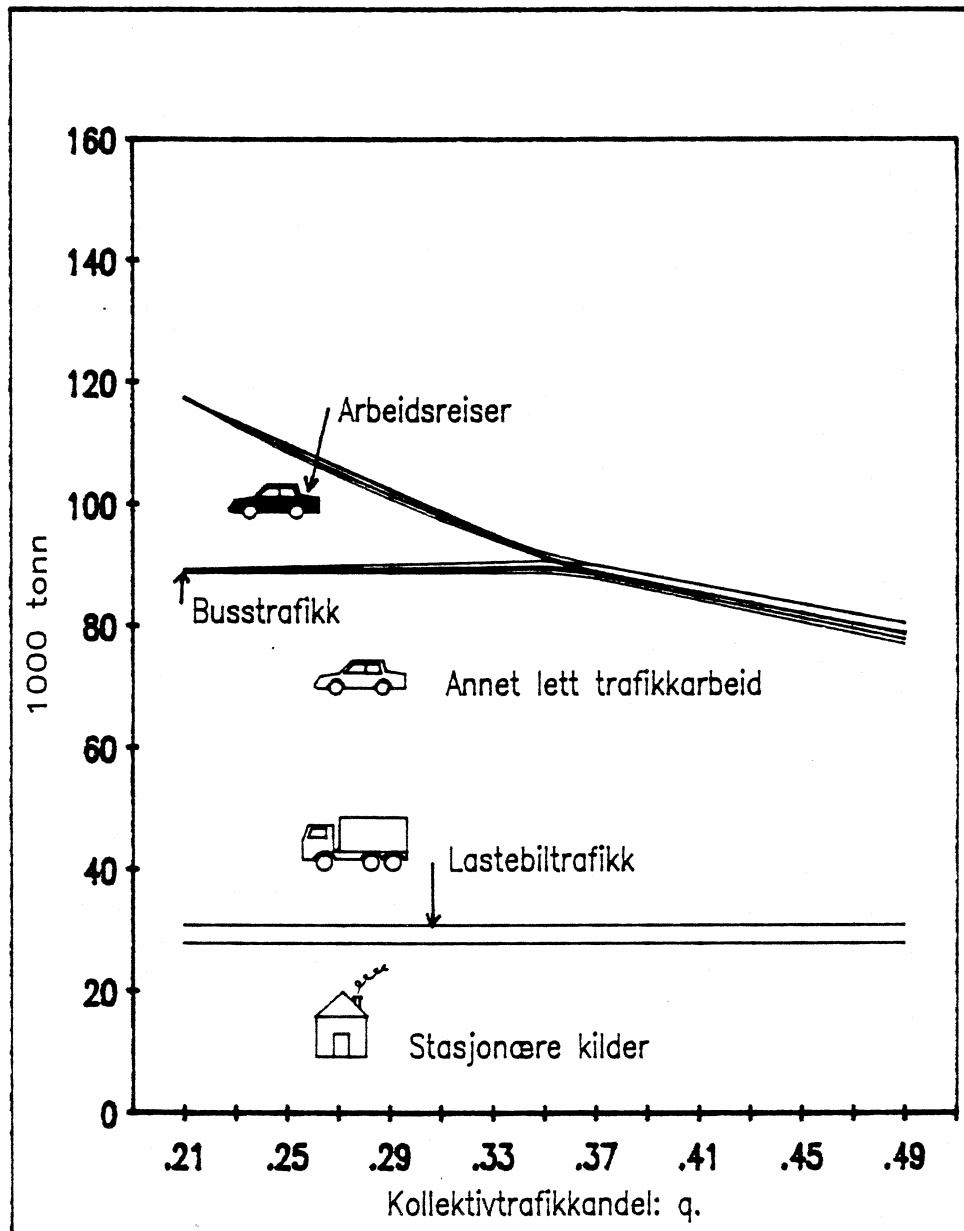
Nederste nivålinje i figurene viser omfanget av utslipp som ikke skyldes mobile kilder, dvs. stasjonære forbrenningsutslipp fra forbrenning av ved og andre fossile brensler for oppvarmingsformål, prosessutslipp fra industrien, fordampningsutslipp o.l. Neste nivålinje i figurene viser utslipp når forurensning fra lastebiltransport inkluderes. Deretter vises utslippsnivået når forurensninger fra lette kjøretøyer som ikke utfører arbeidsreiser (varetransport, taxi-kjøring, annen privat kjøring, o.l.) tas med (3. nivålinje i figurene). Utslipp fra busser er inkludert opp til fjerde nivålinje. Det er kun små utslipp av komponentene HC og CO fra buss, og fjerde nivålinje faller derfor stort sett sammen med tredje nivålinje på figurene 1 og 2. Utslippene fra buss varierer allikevel litt fra alternativ til alternativ. Dette nivået vil derfor framtre som flere tettliggende linjer i disse figurene. Utslipp av NO_x på grunn av busstrafikk kan derimot nesten være av samme størrelsesorden som utslipp fra de øvrige utslippskildene, og variasjonen mellom de

beregnete utslipp i de ulike alternativer er større. Fjerde nivåline i figur 3 vil derfor vise en større spredning enn tilfellet er i figur 1 og 2.

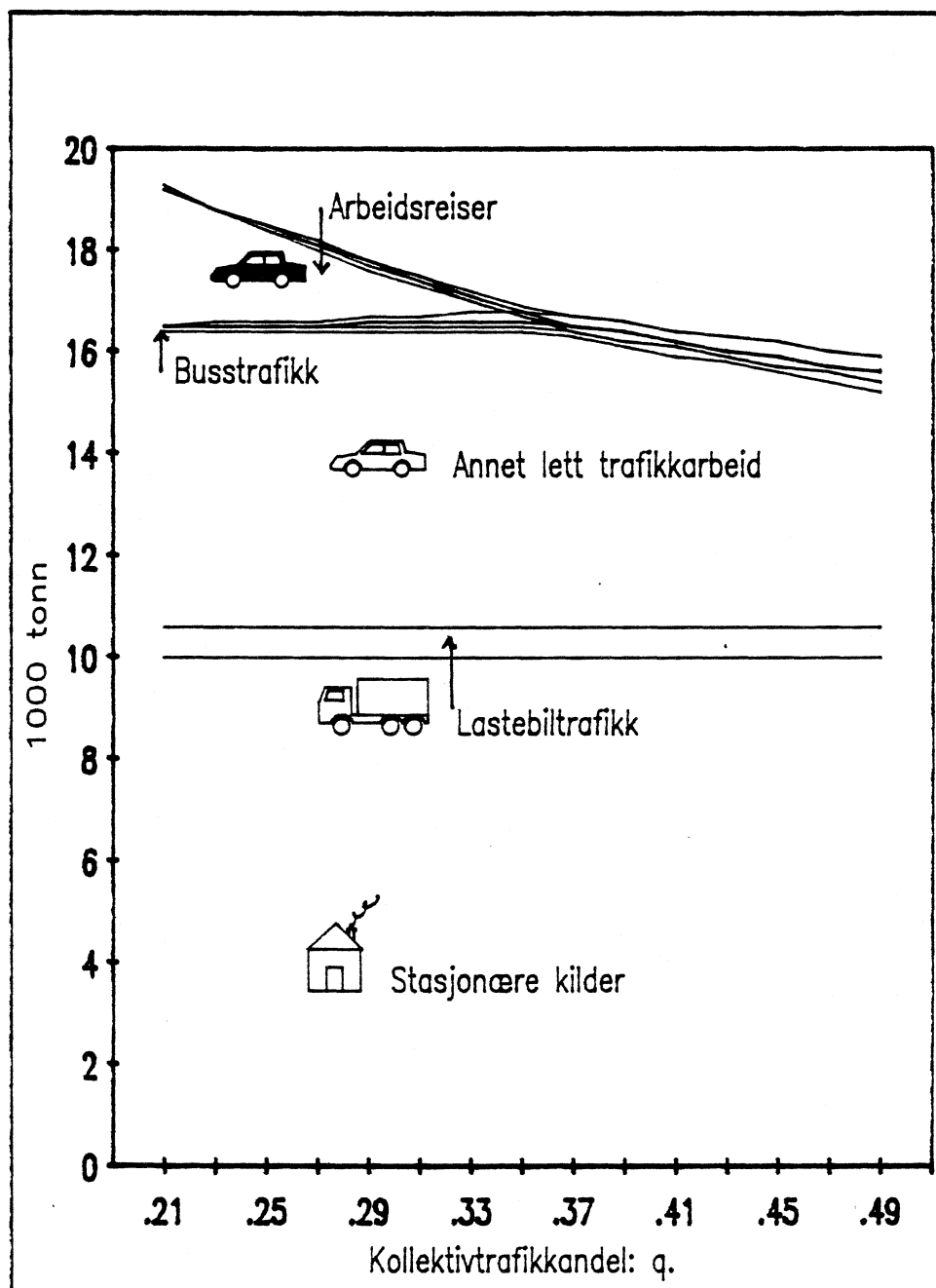
Øverste nivå i figurene representerer totale utslipp som funksjon av kollektivandelen når bidragene fra arbeidsreiser tas med. Ulike antakelser om hvorledes overgangen til kollektivtransport skjer vil gi totalutslipp plassert forskjellige steder i det øverste båndet. Særlig totalutslippene av NO_x (figur 3) varierer mye ettersom hvilke alternativ som legges til grunn. Dette henger sammen med at bussutslipp av NO_x kan bli en viktig forurensningskilde om busstrafikken øker betydelig. Det kan være vanskelig å skille utslipp fra de ulike alternativene fra hverandre på figurene, men de illustrerer allikevel spredningen av resultatene som følge av de ulike forutsetninger som legges til grunn.

Figurene antyder at det bare er karbonmonoksid (CO) som noenlunde effektivt blir redusert ved øket satsing på kollektivtrafikk i Oslo/Akershus regionen. Dette er først og fremst en følge av at utslipp fra lette kjøretøyer utgjør en relativt stor andel (over 70 prosent) av de samlede CO -utslipp i Oslo og Akershus. Det kan også være verd å merke seg at under antagelser i flere av alternativene avtar den marginale effekten av overgang til kollektivtrafikk raskt når kollektivandelen q overstiger ca. 0.3.

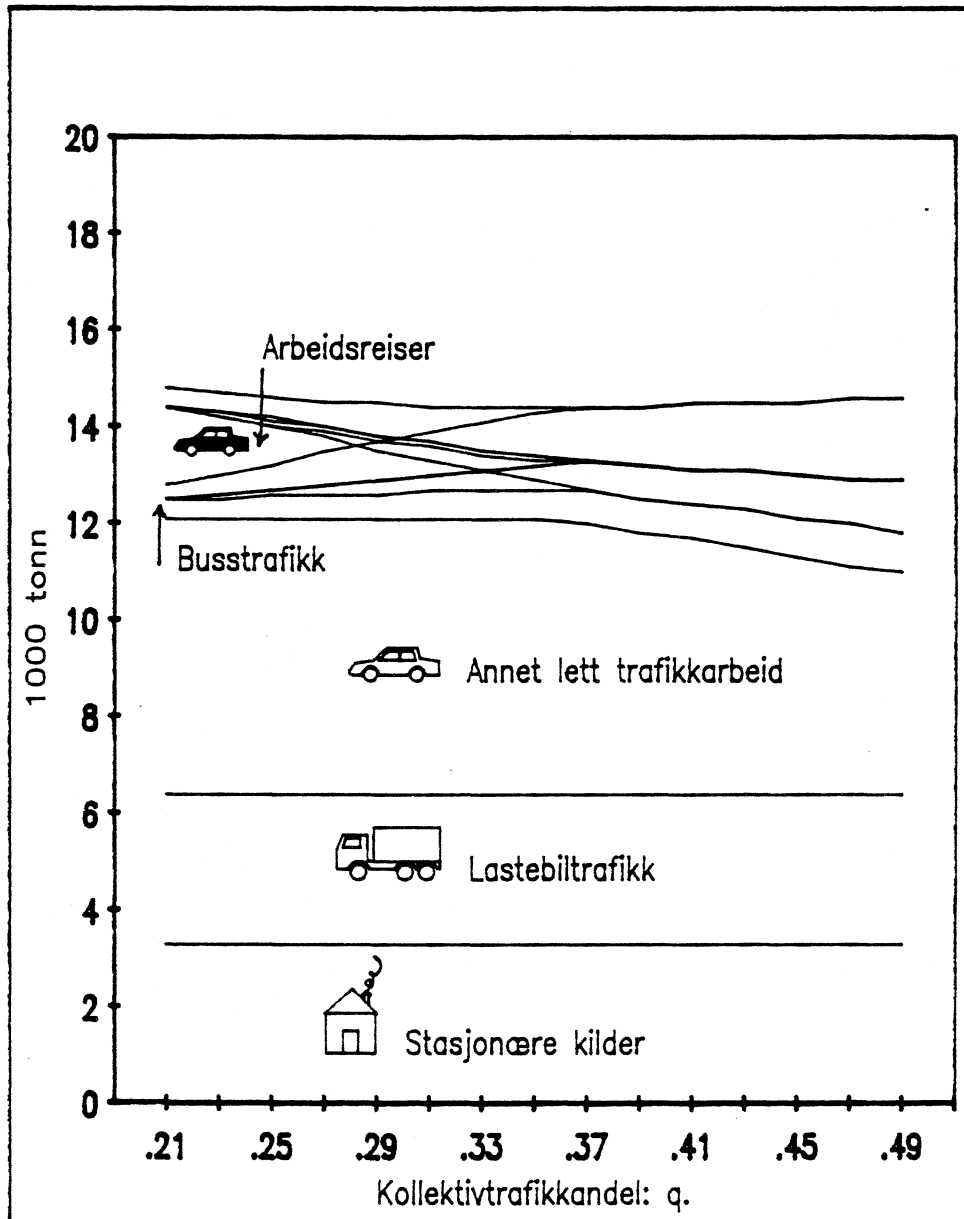
Figur 1. Utslipp av CO i Oslo/Akershus som funksjon av kollektivandelen av trafikkarbeidet. 1000 tonn.



Figur 2. Utslipp av HC i Oslo/Akershus som funksjon av kollektivandelen av trafikkarbeidet. 1000 tonn.



Figur 3. Utslipp av NO_x i Oslo/Akershus som funksjon av kollektivandelen av trafikkarbeidet. 1000 tonn.



Årsaken til at hydrokarboner (HC) og nitrogenoksider (NO_x) reduseres relativt mye mindre enn utslippene av karbonmonoksider (CO), er at utslipp fra arbeidsreiser og annen lett trafikk utgjør en mye mindre andel av de totale utslipp av disse komponentene, samt at utslipp av NO_x fra busser øker betraktelig når kollektivandelen går opp. For HC ser vi at andre utslipp (her vesentlig fordampningsutslipp) utgjør nesten 50 prosent av totale HC utslipp. For NO_x's vedkommende er utslipp fra annen lett trafikk størst, men utslipp fra lastebiler og andre stasjonære kilder er også betydelig. Med øket kollektivtrafikk blir busser også en viktig kilde til utslipp av NO_x.

Basert på resultatene ovenfor synes det rimelig å konkludere at øket satsing på kollektivtrafikk ikke i seg selv kan løse forurensningsproblene knyttet til utslipp av karbonmonoksid (CO), hydrokarboner (HC) eller nitrogenoksider (NO_x) til luft i Oslo og Akershus. Tiltaket synes allikevel best egnet for reduksjon av CO utslipp.

Det kan imidlertid være grunn til å anta at helseskader forårsaket av luftforurensninger avtar relativt mer enn utslippene. Dette henger sammen med at de største utslippsreduksjoner vil finne sted i rush-tiden, det vil si i den perioden hvor flest mennesker er eksponert for forurensningene. Tiltaket kan også ha gunstig effekt i enkelte sterk belastede problemområder, idet trafikkbelastningen langs enkelte veiparseller kan bli redusert. Videre vil øket bruk av kollektive transportmidler kunne føre til redusert støy- og luktbelastning og redusert sannsynlighet for

trafikkulykker. Det er også mulig at øket satsing på kollektivtrafikk, eventuelt i kombinasjon med andre tiltak, vil kunne bedre trafikkaviklingen i Oslo og Akershus. Dette vil gjøre annen transport av f.eks. varer mer effektiv, og vil kunne representere en betydelig samfunnsøkonomisk gevinst som kommer i tillegg til nytten av å redusere luftforurensningen i regionen. Tiltak for å øke kollektivandelen av trafikkarbeidet kan derfor vise seg å være et kostnadseffektivt virkemiddel for å redusere utslipp til luft, selv om beregningene antyder at utslippsreduksjonene kan bli beskjedne. Dette er forhold som ikke er vurdert i dette notatet, men som Statens Forurensningstilsyn tar opp i sitt arbeid med en tiltakspakke for bekjempelse av luftforurensning i Oslo.

Vedlegg A. En formalisert framstilling.

Vi vil i dette vedlegget kort presentere det formelle formelapparatet som er benyttet i utslippsberegningene.

La $PKOLL_0$ betegne kollektivtrafikkarbeidet målt i personkilometer i Oslo og Akershus i 1983 og la $PBUSS_0$ og $PLETT_0$ være tilsvarende trafikkarbeid utført av henholdsvis busser og lette kjøretøyer. Indeksen 0 betegner observerte størrelser for Oslo og Akershus i 1983. Vi definerer det totale trafikkarbeidet (utenom arbeid utført av tunge- og andre kjøretøyer):

$$(A.1) \quad PTOT = PKOLL_0 + PLETT_0.$$

Denne størrelsen antas å være konstant. Lett trafikkarbeid deles i 2 kategorier; arbeidsreiser og annet lett trafikkarbeid:

$$(A.2) \quad PLETT_0 = PARB_0 + PAL_0$$

Bussenes andel av kollektivtrafikkarbeidet er

$$(A.3) \quad r_0 = PBUSS_0 / PKOLL_0.$$

Annet kollektivtrafikkarbeid er gitt ved

$$(A.4) \quad PAK_0 = PKOLL_0 - PBUSS_0$$

Kollektivandelen er definert ved

$$(A.5) \quad q_0 = PKOLL_0 / PTOT.$$

Kollektivandelen (q) er den eksogene variabelen under utslippsberegningene. q_0 er den observerte verdi i 1983. Andre verdier benyttet i beregningene nummereres fortløpende:

$$(A.6) \quad q_0 < q_1 < q_2 < \dots < q_i < \dots$$

Det tilhørende kollektivtrafikkarbeid er

$$(A.7) \quad PKOLL_i = q_i PTOT$$

Ved en økning av kollektivandelen fra q_{i-1} til q_i vil det bli overført

$$(A.8) \quad POV_i = (q_i - q_{i-1}) PTOT$$

personkilometer til kollektivtrafikk. Effekten av dette på utslipp til luft er avhengig av 2 forhold.

- i) Til hvilket kollektive transportmiddel overføres POV_i ?
(Buss/Andre kollektive transportmidler)
- ii) Hvor overføres POV_i fra? (Arbeidsreiser/Annet lett trafikkarbeid).

Vi har valgt å se på 2 alternativer under punkt i). I det ene

alternativ holdes bussenes andel av kollektivtransportarbeidet konstant:

$$(A.9) \quad r_i = r_0.$$

Når r_i er kjent kan $PBUSS_i$ og PAK_i beregnes ved

$$(A.10) \quad PBUSS_i = PKOLL_i r_i,$$

$$(A.11) \quad PAK_i = PKOLL_i - PBUSS_i.$$

I det andre alternativet antas at all overgang til kollektivtransport skjer til busser

$$(A.12) \quad PBUSS_i = PBUSS_{i-1} + POV_i.$$

($PBUSS_0$ bestemmes fra A.3).

Når det gjelder punkt ii) ovenfor -- hvor hentes ny kollektivtrafikk fra -- så har vi valgt å anta en sekventiell overgang. Det vil si at all ny kollektivtrafikkarbeid kommer fra arbeidsreiser, inntil alle arbeidsreiser er overført. Deretter overføres Annet lett trafikkarbeid til kollektive transportmidler.

$$(A.13) \quad PARB_i = PARB_{i-1} - POV_i \quad (PARB_{i-1} > POV_i),$$

$$(A.14) \quad PAL_i = PAL_{i-1} - POV_i \quad (PARB_{i-1} < POV_i).$$

Det finnes opplysninger om personbelegget (antal personer pr. vogn) for de ulike typer trafikkarbeid i Oslo og Akershus. Vi betegner personbelegget i 1983 for busser, annet lett trafikk-

arbeid og arbeidsreiser med henholdsvis p_{BUSS_0} , p_{AL_0} og p_{ARB_0} . p_{AL_i} antas å være uendret ved våre beregninger.

I et av beregningsalternativene antas det at som et ledd i å motivere folk til større bruk av kollektive transportmidler, settes det så mange busser inn i kollektivtrafikken at personbelegget i gjennomsnitt halveres. Halveringen antas å finne sted uavhengig av kollektivandelen av trafikkarbeidet. Personbelegget under arbeidsreiser antas videre i et av beregningsalternativene å avta med økende kollektivandel, det vil si

$$(A.15) \quad p_{ARB_i} < p_{ARB_{i-1}}.$$

Funksjonsformen er beskrevet nærmere i hoveddelen av rapporten.

Når trafikkarbeidet, målt i antall personkilometer, er kjent for de ulike typer transport, og personbelegget på de ulike transportmidler er gitt, kan man lett beregne utført trafikkarbeid målt i antall vognkilometer. De relevante størrelser betegnes $VARB_i$, VAL_i og $VBUSS_i$, der forskriften i angir avhengigheten av kollektivandelen q_i . (Kollektivtrafikkarbeid utført med andre transportmidler enn buss, VAK_i , trenges ikke da denne type trafikkarbeid forutsettes ikke å ha utslipp til luft).

Som nevnt i hoveddelen av rapporten deles trafikkforholdene inn i to hovedgrupper

- a) Bykjøring,
- b) Landeveiskjøring.

Andelen av Annet lett trafikkarbeid som skjer under forhold som kan karakteriseres som bykjøring betegnes med m . Tilsvarende andel for Arbeidsreiser betegnes med n . Mye av trafikkarbeidet klassifisert som Annet lett trafikkarbeid skjer utenom rush-tiden, og kjøreforholdene for denne gruppen vil formodentlig ikke påvirkes nevneverdig av en øket bruk av kollektive transportmidler. m antas derfor å være uavhengig av kollektivandelen q . Arbeidsreiser derimot skjer hovedsakelig i rush-tiden. I et av beregningsalternativene lar vi derfor n være en avtakende funksjon av kollektivandelen

$$(A.16) \quad n_i < n_{i-1}.$$

All busstrafikk antas å være bykjøring.

Utslippkoeffisienter (mengde utslipp pr. vognkilometer) for NO_x , CO og HC under ulike kjøreforhold for lette og tunge kjøretøyer er dokumentert i Rosland (1986). Hvis vi betegner utslippskoeffisientene for lette kjøretøyer under by- og landeveiskjøring med a^{by} og a^{land} , kan vi beregne effektive utslippskoeffisienter for de ulike typer trafikkarbeid ved ulike kollektivandeler ved

$$(A.17) \quad a_{ARB_i} = n_i a^{by} + (1 - n_i) a^{land}$$

$$(A.18) \quad a_{AL_i} = m_i a^{by} + (1 - m_i) a^{land}$$

Vi har for enkelhets skyld sløffet henvisning til de tre forurensningskomponentene NO_x , CO og HC. Busstrafikken er som nevnt antatt å skje under forhold som kan karakteriseres som bykjøring. Utslippskoeffisienten for busser betegnes b .

Utslipp fra de ulike typer trafikkarbeid under ulike antakeleser om kollektivandelen kan nå beregnes ved:

$$(A.19) \quad \text{UARB}_i = \text{VARB}_i a_{\text{ARB}_i},$$

$$(A.20) \quad \text{UAL}_i = \text{VAL}_i a_{\text{AL}_i},$$

$$(A.21) \quad \text{UBUSS}_i = \text{VBUSS}_i b.$$

Utslipp som ikke varierer med kollektivandelen, som utslipp fra annen tung trafikk enn busser og utslipp fra stasjonære kilder, er beregnet i Rosland (1986).

Referanser.

NOS: Eie og bruk av privatbil 1980.

NOS: Samferdselsstatistikken 1983.

NOS: Rutebilstatistikken 1983.

Rosland, Audun: Regionaliserte utslipp til luft. Upublisert notat. Statistisk Sentralbyrå, 1986.