

NILU OR : 27/87

NILU OR : 27/87  
REFERANSE: O-1129  
DATO : MAI 1987  
ISBN : 82-7247-810-2

DIESELEKSOSENS BIDRAG TIL  
PARTIKKELFORURENSNING I LUFT  
I TETTSTEDER

Steinar Larssen

## SAMMENDRAG

På oppdrag fra Nordisk Ministerråd, Styringsgruppen for nordisk samarbeid om bilavgasser, er det utført beregning av bidraget fra partikler i dieseleksos til samlet partikkelforurensning i tettsteds-luft.

Dieselbidraget er beregnet ved enkel massebalanse. Det er tatt utgangspunkt i kjente utslippsfaktorer for bly fra bensindrevne biler, samt målinger av blykonsentrasjonen i luft ved en rekke målesteder. Ut fra kjente utslippsfaktorer for partikler fra dieseldrevne biler, kan konsentrasjonen av dieselpartikler i luft da beregnes med en viss nøyaktighet. Når det samtidig er utført målinger av samlet partikkelkonsentrasjon i luft, kan dieseleksosens andel av denne også beregnes.

Beregningene ga på ulike gatestasjoner en dieselandel til inhalerbare partikler ( $<10 \mu\text{m}$  diameter) på 20-47%. Beregnet dieselbidrag var størst på gater med stor tungtrafikkandel. Ved tørr vei og relativt høy kjørehastighet fører veistøvet til at dieselandelen synker.

På ulike sentrumstasjoner tilbaketrukket fra gater ble det beregnet dieselandeler på 7-34%. Beregnet dieselandel var minst på høytliggende stasjoner.

Utslippskartlegging basert på utslippsfaktorer og forbruk av brennstoff kan også gi et estimat av dieselbidraget til samlet partikkelforurensning i et tettsted. Slik kartlegging som tidligere er utført f. eks. i Bergen og Drammen, ga en dieselandel på ca 35% til samlet partikkel-utslipp fra biltrafikk og oljefyring. Tunge dieserbiler sto for ca 90% av dieselbidraget. Når en tar med andre kilder som vedfyring og veistøv, vil dieselbidraget være mindre, kanskje 25%. Industriutslipp reduserer dieselandelen ytterligere.

Resultatene fra disse to ulike metoder å beregne dieselbidraget på, ga sammenlignbare resultater.

Partikkelutslipp fra ulike kilder har forskjellig kjemisk sammensetning og størrelsesfordeling. Dette har betydning for partikkelutslippenes helsepåvirkning. Oppdraget omfattet ikke en vurdering av

dette, bare en beregning av vektmessig bidrag. Dette er imidlertid et nødvendig første skritt mot en vurdering av de enkelte kilders helsemessige betydning.

Det hadde vært ønskelig med beregninger også fra målestasjoner i andre nordiske land. Dette kan lett gjøres, når partikkel- og trafikkdata er tilgjengelig.

## INNHold

	Side
SAMMENDRAG .....	1
1 INNLEDNING .....	5
2 DIESELPARTIKLENEs BIDRAG TIL SAMLET PARTIKKELUTSLIPP I BY- OMRÅDER. EKSEMPLEr .....	6
2.1 Dieselpartiklene's bidrag til samlet utslipp fra bil- trafikk og oljefyring .....	6
2.2 Partikkelutslipp fra andre kilder.....	9
2.3 Oppsummering .....	10
3 DIESELPARTIKLENEs BIDRAG TIL PARTIKKELKONSENTRASJONEN I LUFT I BYER. EKSEMPLEr FRA MÅLESTASJONER I NORGE .....	11
3.1 St. Olavs gate, Oslo .....	14
3.2 Nordahl Bruns gate, Oslo .....	15
3.3 Felles trekk, St. Olavs gt. og Nordahl Bruns gt. ....	15
3.4 Ringveien, Oslo .....	19
3.5 Bergen .....	21
3.6 Fredrikstad .....	22
3.7 Sarpsborg .....	22
3.8 Sammenstilling av resultater .....	22
4 KONKLUSJON .....	26
5 REFERANSER .....	27
VEDLEGG A: Metodikk .....	29
VEDLEGG B: Utslippsfaktorer for bly og partikler fra biler .	35



## DIESELEKSOSENS BIDRAG TIL PARTIKKELFORURENSNING I LUFT I TETTSTEDER

### 1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Nordisk ministerråd, Styringsgruppen for nordisk samarbeid om bilavgasser, utført beregning av det bidraget partikler i avgassen fra dieseldrevne biler gir til partikkelforurensningen i tettsteder i Norden.

Beregning av kildebidrag til partikkelforurensning ved bruk av reseptormodeller krever et omfattende datagrunnlag, med analyse av innholdet av en rekke elementer i en rekke støvprøver fra hvert sted der en ønsker å beregne bidragene. Innenfor dette prosjektets omfang var det ikke mulig å skaffe til veie slike data.

Beregningen er derfor utført etter en forenklet kjemisk massebalansemetode, som gir en indikasjon på dieselavgassenes bidrag. Metoden baserer seg på følgende datagrunnlag:

- 1 Utslippsfaktorer for partikler fra dieseldrevne biler og bly fra bensindrevne biler.
- 2 Målte konsentrasjoner av partikler og bly i luft i byer i Norden.

I tillegg presenteres resultater av utslippskartlegging som tidligere er utført i noen norske byer, basert på de samme utslippsfaktorer som ovenfor, samt kartlegging av trafikkarbeid, oljeforbruk og andre typer utslipp. Slike oversikter gir dieselavgassenes bidrag til samlet partikkel-utslipp i hele by-området.

Partikkelutslippet fra ulike kilder har ulik størrelsesfordeling og kjemisk sammensetning. Menneskers helse kan derfor påvirkes forskjellig av samme partikkelmengde fra ulike kilder, samtidig som kildesammensetningen kan gi opphav til samvirkende effekter. Dette berøres ikke i denne rapporten. Oppgaven har vært begrenset til å beregne kildebidrag til konsentrasjoner av partikler i luft. Beregning

av kildebidrag danner imidlertid en del av grunnlaget for en videre vurdering av kildenes betydning i helsesammenheng.

## 2 DIESELPARTIKLENE'S BIDRAG TIL SAMLET PARTIKKELUTSLIPP I BYOMRÅDER. EKSEMPLER

### 2.1 DIESELPARTIKLENE'S BIDRAG TIL SAMLET UTSLIPP FRA BILTRAFIKK OG OLJEFYRING

I byene Bergen og Drammen i Norge er utslippet av partikler og andre forurensende stoffer kartlagt, basert på utslippsfaktorer og kartlegging av trafikkarbeid, oljeforbruk, industriutslipp og andre utslipp (Gram et al., 1986, Haugsbakk, 1987).

De utslippsfaktorer som er benyttet, er gitt i tabell 1. Grunnlaget for disse er beskrevet i vedlegg B.

Tabell 1: Utslippsfaktorer for partikler, benyttet i utslippskartleggingen i Bergen (1983) og Drammen (1984).

Utslippskilde	Utslippsfaktor for partikler
	<u>Biltrafikk, g/km</u>
Bensindrevne personbiler, ECE-syklus	0.05
Bensindrevne personbiler, 80 km/h	0.1
Dieseldrevne personbiler, ECE-syklus	0.3
Dieseldrevne varebiler, ECE-syklus	0.6
Dieseldrevne tunge biler, ECE-syklus	1.0
	<u>Oljefyring, kg/m<sup>3</sup></u>
Lette fyringsoljer og parafin	0.25
Spesialdestillat	0.2
Tungolje	1.5
Kull/koks	10

Ved beregning av utslippet fra biltrafikken er følgende parametre benyttet:

#### Kjøretøysammensetning

Lette biler (<3.5 t): Dieselandel : 3%

Tunge biler (>3.5 t): Dieselandel : 100%

Andel av ÅDT<sup>1</sup>: 8% (dersom annet ikke er oppgitt)

Vektfordeling: 3.5 - 10 t: 25%

10 - 20 t: 60%

> 20 t: 15%

#### Kjørehastigheter

Sentrum, rushtid : 20 km/h

Sentrum, utenom rushtid : 30 km/h

Utenfor sentrum : 50 km/h

#### Rushtidstrafikk

Rushtidstrafikken morgen og ettermiddag representerer tilsammen 30% av samlet døgntrafikk.

#### Kaldstartandel<sup>2</sup>

Kaldstartandelen er satt til 15% som gjennomsnitt over dagen.

#### Drifstoff-forbruk

Bensin, sentrum : 1.2 l/mil

Bensin, utenom sentrum : 1.0 l/mil

Diesel, tunge biler : 4.0 l/mil

1 Årsdøgntrafikk

2 Definert som den andel av bilene som befinner seg i de første 2 km eller 6 minutter av en kjøretur etter start med kald motor.



Tabell 2 viser totalutslippene av partikler i byområdene og den relative fordeling mellom kildene biltrafikk og oljefyring.

Tabell 2: Partikkelutslipp fra biltrafikk og oljefyring i Bergen (1983) og Drammen (1984).

	Utslipp, t/a		Relative bidrag %	
	Bergen	Drammen	Bergen	Drammen
<u>Biltrafikk</u>				
Dieseldrevne lette biler	8	7	4	4
Dieseldrevne tunge biler	70	54	30	33
Bensindrevne personbiler	76	56	33	35
<u>Oljefyring</u>				
Lett olje og spesialdestillat	63	21	27	13
Tungolje	14	24	6	15

Denne beregningen gir at tunge dieserbiler bidrar med 30-33 % av de samlede partikkelutslipp fra biltrafikk og oljefyring, mens lette dieserbiler bidrar med ca 4%.

Bensindrevne personbiler bidrar omtrent like mye som de tunge dieserbiler.

Størrelsesfordelingen og den kjemiske sammensetning er forskjellig i eksos fra bensindrevne og dieseldrevne biler. 60 - 70% av dieselpartiklene er sot med absorberte organiske forbrenningsprodukter. I bensineksosen er det uforbrent og delvis forbrent drivstoff og blypartikler som dominerer. Helserisikoen knyttet til diesel- og bensineksos-partikler kan derved være forskjellig.

## 2.2 PARTIKKELUTSLIPP FRA ANDRE KILDER

I tillegg til biler og oljefyring kan følgende kilder gi betydelige bidrag til partikkelutslippet i byer:

- veistøv
- vedfyring
- prosessutslipp (industriertøv)
- søppelforbrenning.

### Veistøv

Slitasje av veibanen fra piggdekk gir betydelige partikkelforurensninger i luft. Denne kilden begrenser seg imidlertid til tørre perioder om vinteren og våren, da veistøvdepotet frigjøres og virvles opp av vind og trafikkerturbulens.

Dette støvet består hovedsakelig av store partikler som avsetter seg nær veibanen, men en ikke ubetydelig del er svevestøv i inhalerbar fraksjon (partikler med diameter  $<10 \mu\text{m}$ ) og respirabel fraksjon ( $<2.5 \mu\text{m}$ ). I tørre perioder om vinteren og våren dominerer veistøvet som kilde til inhalerbart og respirabelt støv i forhold til både bileksos og oljefyring.

Målinger utført ved en vei i Oslo våren 1985 viste at ved 60-70 km/h kjørehastighet og ca. 10% tungtrafikkandel var konsentrasjonen av inhalerbart støv 10 ganger større ved tørr vei enn ved våt vei, og respirabel støvkonsentrasjon var 4 ganger større ved tørr enn ved våt vei. Dette skyldes bidraget fra veistøvdepotet.

I tabell 3 sammenlignes veistøv-kilden med bileksos-kilden. Tabellen antyder at om vinteren representerer veistøvdepotet en kilde til støv som dominerer over bileksos når det gjelder inhalerbare partikler, og er av samme størrelse som bileksoskilden når det gjelder respirabel fraksjon ( $<2.5 \mu\text{m}$ ).

### Vedfyring

Omfanget av vedfyring varierer mye fra by til by. I byer i spesielt kalde strøk, f.eks. i indre deler av Norge og Sverige kan omfanget være betydelig i kalde perioder.

I Bergen har vi anslått at partikkelutslippet fra vedfyring på årsbasis er høyst ca. 30% av partikkelutslippet fra biltrafikken. Dette er basert på en utslippsfaktor på 15 g/kg ved.

Tabell 3: Veistøvdepotet som kilde til svevestøv sett i forhold til bileksos ved en vei med kjørehastighet 60-70 km/h og ca. 10% tungtrafikkandel, basert på målinger utført ved veg i Oslo sommeren 1984 (Larssen, 1986) og våren 1985 (Larssen, 1987b).

	Forholdet $\frac{\text{veistøv}}{\text{eksospartikler}}$	
	Respirabelt støv ( $<2.5 \mu\text{m}$ )	Inhalerbart støv ( $<10 \mu\text{m}$ )
<u>Tørr veibane, vinter/vår</u> 60-70 km/h, 10% tungtrafikk	4	10
<u>Våt veibane,</u>	0	0
<u>Tørr veibane, vinter/vår</u> lav kjørehastighet, liten tung trafikkandel	2*	5*
Gjennomsnitt, by, vinter  (50% tørt, 50% vått) (50% lav hastighet/lite tung- trafikk, 50% 60-70 km/h, 10% tungtrafikk)	1.5	4
Gjennomsnitt, by, sommer	0.1-0.2	0.3-0.4

\* anslått verdi (50% av øverste linje)

## Industring og søppelforbrenning

Partikkelutslippet fra industri varierer mye mellom tettsteder, avhengig av antall og type bedrifter. I mindre tettsteder med smelteverk eller annen "tung" kjemisk industri kan industriutslippene dominere helt, mens bidraget i mange byer kan være beskjedent i forhold til bileksos og oljefyring.

Søppelforbrenning gir bidrag lokalt ved anleggene, men gir oftest små bidrag over tettstedet som helhet, i forhold til andre kilder.

### 2.3 OPPSUMMERING

I to byer i Norge har NILU beregnet at tunge dieserbiler bidrar med ca 30% og lette dieserbiler med ca 4% av samlet partikkelutslipp fra biltrafikk og oljefyring. I byer med betydelig andel fjernvarme vil dieserbilenes bidrag være noe større.

Når veistøv og vedfyring tas med, blir dieserbilenes andel av totalutslippet mindre. Om vinteren og våren kan veistøvet bidrag være så stort at dieserbilenes andel reduseres til kanskje halvparten av de tallene som er gitt ovenfor.

Om sommeren er dieserbilenes relative bidrag større, i og med at veistøvkilden og oljefyringskilden i stor grad forsvinner.

### 3 DIESELPARTIKLENE BIDRAG TIL PARTIKKELKONSENTRASJONEN I BYER. EKSEMPLER FRA MÅLESTASJONER I NORGE.

På grunnlag av metodikken beskrevet i vedlegg A, er beregnet dieselpartiklens bidrag til samlet partikkelforurensning ved en del målestasjoner i byer i Norge.

Konsentrasjonen av partikler som skyldes dieseleksos beregnes etter formelen:

$$C_{p,d} = C_{Pb} \frac{q_{p,d}}{q_{Pb}}$$

hvor

$C_{p,d}$  = bidraget til partikkelkonsentrasjon fra dieselavgasser ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_{Pb}$  = konsentrasjonen av bly i partikler ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$q_{p,d}$  = utslippet av partikler fra dieselbilene i trafikkstrømmen(e) nær målestasjonen (g/km)

$q_{Pb}$  = utslippet av bly på partikler fra trafikkstrømmen (g/km).

Detaljer, forutsetninger og usikkerhet ved metodikken er beskrevet i vedlegg A.

Utslippsfaktorer for partikler fra lette og tunge dieselbiler er gitt i tabell 1. Utslippsfaktorer for bly fra bensindrevne biler er gitt i tabell på side 40 (Vedlegg B). Bakgrunnen for valg av utslippsfaktorer er gitt i vedlegg B.

Trafikksammensetningen som er benyttet for de ulike målestasjonene, er vist i tabell 10. Tabellen viser også de resulterende utslippsfaktorer,  $q_{p,d}/q_{pb}$ .

En kort beskrivelse av målestedene følger:

St. Olavs gate : Sentrumsgate i Oslo. ÅDT ca. 13.000.  
Hastighet 30 km/h. Lite tungtrafikk.

Nordahl Bruns gate: Bakgrunnstasjon i Oslo sentrum, 6 m over bakken.

Ringveien : Ringvei rundt Oslo sentrum. ÅDT ca. 35.000.  
Hastighet ved målestedet: 60-70 km/h.  
Tungtrafikk-andel 8%.

Teaterparken : Bakgrunnstasjon i Bergen sentrum. Stasjonen er litt påvirket fra en buss-holdeplass.

Minde : Målestasjon ca. 50 m fra en innfartsåre til Bergen sentrum med ÅDT ca. 20.000.

City : Bakgrunnsstasjon i sentrum av Fredrikstad, ca. 10 meter over bakken.

Brochs gt. : Gatestasjon i Fredrikstad sentrum, nær bussholdeplass og trafikklys.

Fellesbanken : Bakgrunnsstasjon i Sarpsborg sentrum, ca 20 meter over bakken. Sannsynligvis påvirket av utslipp fra stort oljefyringsanlegg og utslipp fra treforedelingsindustri.

Tabell 11 viser målte konsentrasjoner av bly og partikler i finpartikkelfraksjonen (FP,  $<2.5 \mu\text{m}$ ) og inhalerbar fraksjon (IP,  $<10 \mu\text{m}$ ), samt beregning bidrag fra dieselpartikler,  $C_{p,d}/C_{part}$ .

Ved stasjonene St. Olavs gate og Nordahl Bruns gate er det utført målinger i januar og februar hvert år fra 1980. Ved de andre stasjonene er omfanget av målingene mindre.

### 3.1 ST. OLAVS GATE (SENTRUMSGATE, OSLO, 2-3% TUNGTRAFIKK)

Tabell 4 gir et sammendrag av resultater fra St. Olavs gate (Larssen, 1987,a). Det er et interessant utgangspunkt at perioden 1980-1986 dekker den perioden da tilsetningen av bly i bensin ble redusert fra 0.4 g/l til 0.15 g/l på følgende måte:

1.9.1980 : Lavoktan bensin fra 0.4 g/l til 0.15 g/l.

Markedsandel lavoktan bensin: ~ 25%.

1.9.1983 : Høyoktan bensin fra 0.4 g/l til 0.15 g/l.

Tabell 4 gir at i gjennomsnitt var dieselbidraget følgende:

Bidrag fra dieselpartikler		
	$C_{p,d}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Relativt bidrag til samlet inhalerbar partikkelkonsentrasjon $C_{p,d}/C_{part}$
Vinter 1980-86	20	33%
Sommer 1980-84	9.5	23%

Tidsforløpet av  $C_{p,d}/C_{part}$  er vist i figur 1. Der er også konsentrasjonen av store partikler ( $>10 \mu\text{m}$ ) vist.

$C_{p,d}$  er dobbelt så stor om vinteren som om sommeren. Det skyldes en kombinasjon av dårlig spredning om vinteren og kanskje større utslipp av partikler fra kalde diesel-motorer.

Det relative bidrag ( $C_{p,d}/C_{part}$ ) var også større om vinteren, 33% i gjennomsnitt, mot 23% om sommeren, selv om oljefyring og vedfyring gir større bidrag om vinteren enn om sommeren. Dette antyder at diesel-partikkel-utslippet pr bil og kjørt kilometer er en god del større i den kalde årstiden.

### 3.2 NORDAHL BRUNS GATE (BAKGRUNNSTASJON, OSLO SENTRUM)

Et sammendrag av resultatene fra Nordahl Bruns gate er vist i tabell 4 og figur 2 (Larssen, 1987,a). Her var dieselbidraget i gjennomsnitt som følger:

Bidrag fra dieselpartikler		
	$C_{p,d}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Relativt bidrag til samlet inhalerbar partikkelkonsentrasjon $C_{p,d}/C_{\text{part}}$
Vinter 1980-86	12.5	33%
Sommer 1980-84	4.5	22%

Her er  $C_{d,p}$  tre ganger større om vinteren enn om sommeren. De relative bidrag fra dieseleksos var som i St. Olavs gate, 33% om vinteren og 22% om sommeren. Resultatene underbygger vurderingen fra St. Olavs gate.

### 3.3 FELLES TREKK, ST. OLAVS GATE OG NORDAHL BRUNS GATE

På figur 1 og 2 er vinteren 1984 og sommeren 1983 spesielle på begge stasjoner, med mye større relative diesel-bidrag enn for øvrige år.

Årsaken til dette er ikke helt klar. Det kan ha sammenheng med lite bidrag fra veistøv i de spesielle sesongene. Den lave grovstøv-konsentrasjonen i de sesongene kan tyde på dette.

Disse dataene viser imidlertid at det relative bidrag fra dieselpartikler kan variere innen vide grenser, avhengig av ytre forhold som



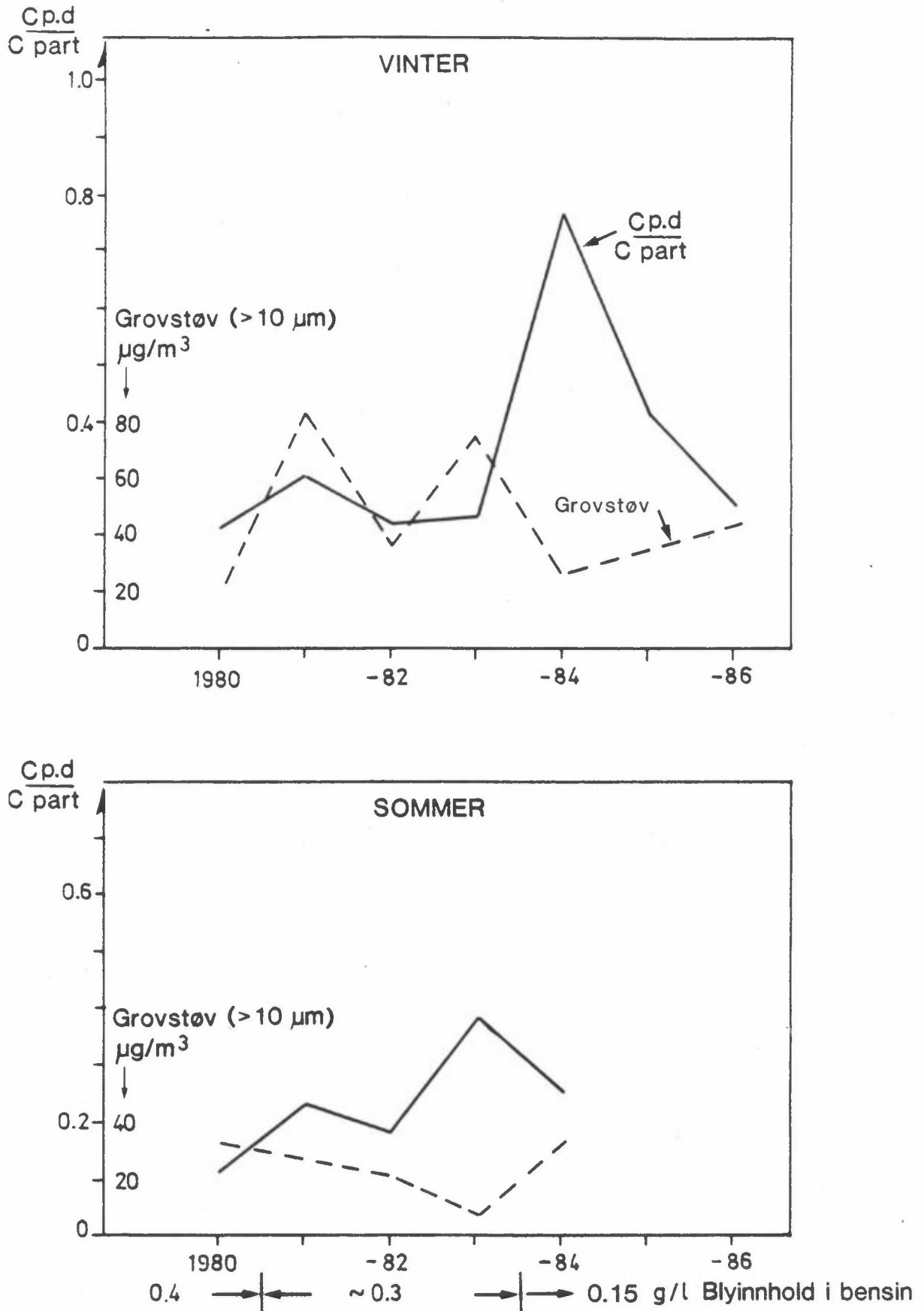
vind- og spredningsforhold, bakkeforhold (tørt/vått) etc. Det samme er ikke tilfellet for det absolutte dieselbidraget,  $C_{p,d}$ . Dette varierer ikke så mye fra år til år (se tabell 4).

Fra sommerdataene i figur 1 og 2 kan man se en tendens til økende relativt dieselbidrag etterhvert som bly-tilsetningen i bensin reduseres fra 0.4 g/l til 0.15 g/l. Dette er å vente siden bidraget fra bensinbiler vil avta med avtagende blyinnhold. Den samme tendensen er ikke så tydelig i vinterdataene, fordi året 1984 skiller seg så kraftig ut av andre årsaker.

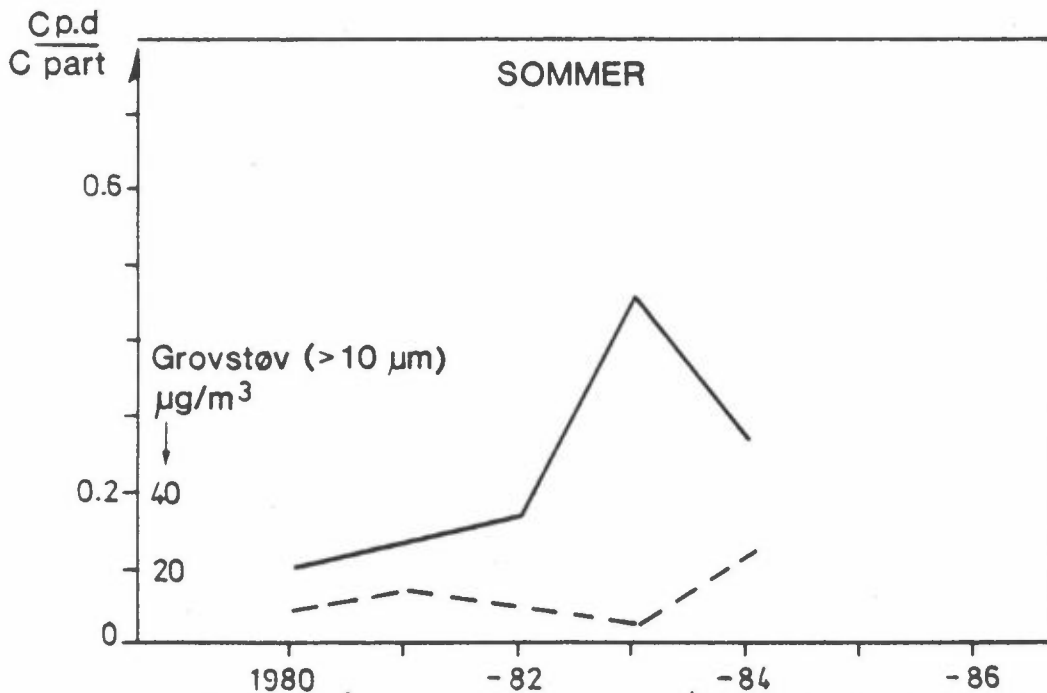
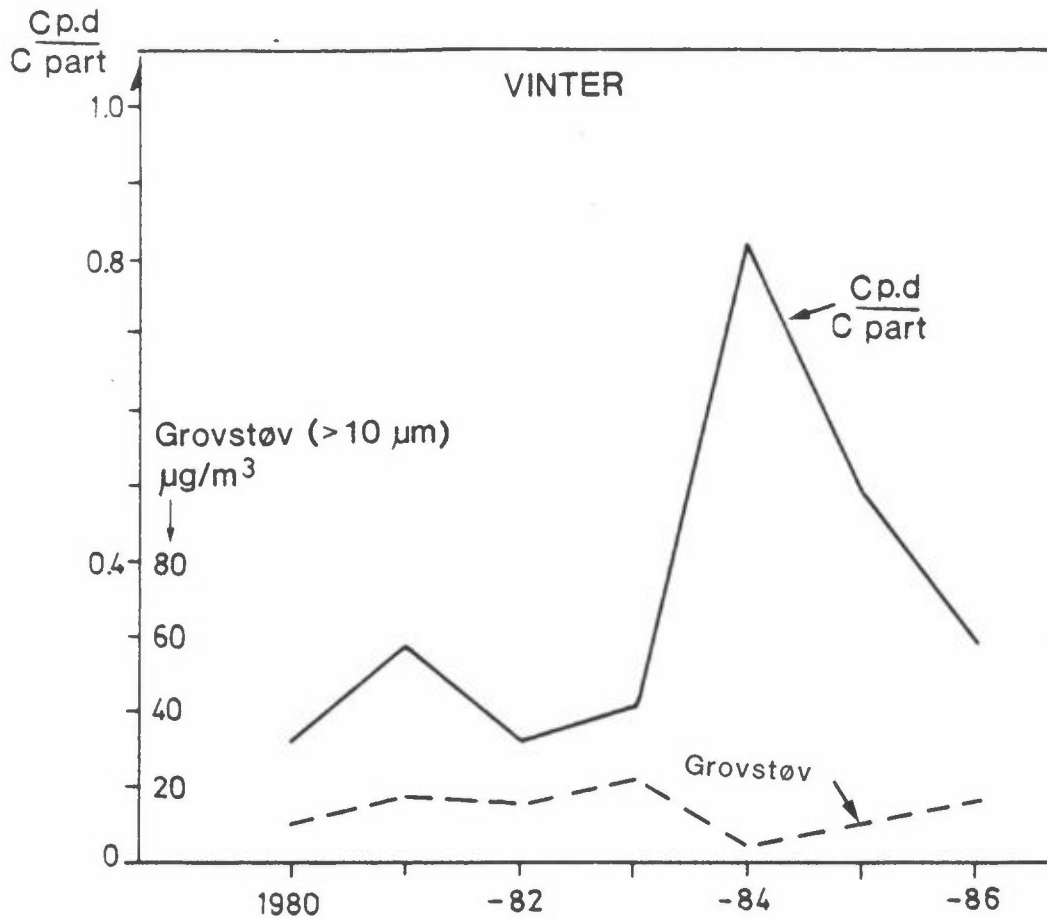
Tabell 4: Beregninger av relativt dieselbidrag ( $C_{p,d}$ ) i St. Olavs gate og Nordahl Bruns gate i Oslo sentrum.

	St. Olavs gate			Nordahl Bruns gate		
	n	$C_{p,d}$	$\frac{C_{p,d}}{C_{part}}$	n	$C_{p,d}$	$\frac{C_{p,d}}{C_{part}}$
<u>Vinter</u>						
1980	7	18.9	0.21	6	8.0	0.16
1981	12	24.4	0.30	13	12.1	0.28
1982	8	18.2	0.22	8	12.5	0.21
1983	8	17.9	0.23	8	11.1	0.25
1984	9	22.7	0.76	9	16.2	0.81
1985	28	24.2	0.41	28	23.7	0.48
1986	25	17.6	0.19	25	16.7	0.37
1986	8	17.8	0.25	8	14.4	0.29
Gjennomsnitt ekskl. 1985*		20	0.33		12.4	0.33
<u>Sommer</u>						
1980	4	8.6	0.12	4	4.0	0.10
1981	5	9.6	0.23	5	3.5	0.13
1982	4	9.4	0.18	4	3.0	0.17
1983	5	8.4	0.38	5	4.9	0.45
1984	4	11.7	0.25	5	6.5	0.27
Gjennomsnitt ekskl. 1985*		9.5	0.23		4.4	0.22

n = antall døgnprøver



Figur 1: St. Olavs gt. Dieselpartiklers beregnede andel av samlet partikkelkonsentrasjon ( $C_{p,d}/C_{part}$ ), samt grovstøv, vinter (januar/februar) og sommer (august/september) 1980-86.



0.4    ← |    ~ 0.3    → |    0.15 g/l Blyinnhold i bensin

Figur 2: Nordahl Bruns gt. Deiselpartiklernes beregnede andel av samlet partikkelkonsentrasjon ( $C_{p,d}/C_{part}$ ), samt grovstøv, vinter (januar/februar) og sommer (august/september) 1980-86.

### 3.4 RINGVEIEN, OSLO (60-70 KM/H, CA 8% TUNGTRAFIKK)

Ved Ringveien er det gjort målinger både om sommeren, da veidekke-slitasje og veistøvbidraget er lite, og om våren, da veistøvdepotet er stort og bidraget fra veistøv er dominerende når veien er tørr (Larssen, 1987b).

Det er gjort målinger separat for respirabelt støv (FP,  $<2.5 \mu\text{m}$ ) og inhalerbart støv (IP,  $<10 \mu\text{m}$ ).

Tabell 5 og 6 oppsummerer resultatene fra Ringveien. Tabell 5 gir beregnet dieselbidrag i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved våt og tørr vei, sommer og vår.

Det absolutte dieselbidraget, regnet i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , er uavhengig av veiforhold (bortsett fra en liten effekt av forskjellen i friksjonen mellom vei og hjul).

Beregnet dieselbidrag til inhalerbare partikler ( $<10 \mu\text{m}$  i diameter) var  $12\text{-}25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bidraget til respirable partikler ( $<2.5 \mu\text{m}$ ) var  $9\text{-}18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Variasjonen skyldes mest sannsynlig forskjeller i vindhastighet og spredningsforhold forøvrig.

Tabell 6 gir beregnet dieselbidrag relativt til samlet partikkelforurensning.

Dieselbidraget til respirabelt støv er beregnet til 50 - 60%, uavhengig av vått eller tørt veidekke. Når det er tørt om våren reduseres dette til ca 40%, på grunn av veistøvet bidrag.

Dieselbidraget til inhalerbart støv er lavere, beregnet til vel 30% om sommeren, på grunn av bidrag av inhalerbare partikler fra andre kilder. Når det er tørt om vinteren og våren reduseres dieselbidraget til under 10% på grunn av det dominerende veistøv-bidraget.

Når det er vått, og generelt om sommeren, er dieselbidraget ved Ringveien beregnet å være relativt sett vesentlig større enn ved St. Olavs gate. Dette stemmer med den større tungtrafikkandelen ved Ringveien (8% mot 2-3%).

Tabell 5: Ringveien, Oslo. Bidrag fra dieselpartikler,  $Cp,d$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

FP - finfraksjon,  $\approx$  respirable partikler

IP - inhalerbare partikler

N - antall prøver av varighet ett døgn eller lenger.

	Sommer			Vår		
	n	FP	IP	n	FP	IP
Våt vei	2	9	12	3	12	16
Tørr vei	3	11	14.5	3	18	25

Tabell 6: Ringveien, Oslo. Bidrag fra dieselpartikler relativt til samlet partikkelforurensning.

	Sommer			Vår		
	n	FP	IP	n	FP	IP
Våt veg	2	0.51	0.33	3	0.66	0.60
Tørr veg	3	0.51	0.32	3	0.40	0.06
Samlet	14	0.41	0.32			

### 3.5 BERGEN

Resultatene fra målingene ved de to stasjoner i Bergen sentrum er gitt i tabell 7 og 8 (Larssen, 1985; 1986).

Tabell 7 viser at beregnet bidrag om vinteren varierer mellom 11 og 21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på månedsbasis. Om sommeren var det 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i Teaterparken. Det mindre bidraget om sommeren skyldes bedre spredningsforhold da.

Relativt til samlet partikkelforurensning ble dieselbidraget beregnet til 20-25% i februar 1983, til ca 33% i januar 1984, og til ca 20% om sommeren.

Tabell 7: Bergen. Beregnet bidrag til partikkelforurensning (inhalerbar fraksjon,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fra dieseleksos ved to målestasjoner i Bergen.

	Feb. 1983	Mai-Juni 1983	Jan. 1984
Teaterparken	11	5	15
Minde	12	-	21

Tabell 8: Bergen. Beregnet relativt bidrag fra dieseleksos relativt til samlet målt partikkelforurensning (inhalerbar fraksjon) i Bergen.

	Feb. 1983	Mai-Juni 1983	Jan. 1984
Teaterparken	0.26	0.21	0.33
Minde	0.19	-	0.34

Blyinnholdet i bensin ble redusert fra ca 0.3 g/l (veid gjennomsnitt av solgt høyoktan og lavoktan bensin) september 1983. Økningen i dieselandelen fra februar 1983 til januar 1984 samsvarer med dette. Forøvrig var beregnet dieselbidrag på stasjonen i Bergen omtrent det samme som beregnet for Nordahl Bruns gt. i Oslo, som også er en "bybakgrunns"-stasjon.

### 3.6 FREDRIKSTAD

Her ble målinger utført vinteren 1981/82 ved en gatestasjon (Brochs gt.) og en bakgrunnsstasjon i sentrum (City hotell) (Hagen, 1982; 1983).

Fra tabell 10 går det fram at beregnet dieselbidrag til inhalerbar partikkelkonsentrasjon var 35% på gatestasjonen i Brochs gate og 17% på bakgrunnsstasjonen på City hotell, ca 10 meter over bakken.

### 3.7 SARPSBORG

Her ble målinger utført vintrene 1981/82 og 1982/83 på taket av en større bygning i bysentrum, ca 20 meter over bakken (Hagen, 1982; 1983). Her ble dieselbidraget beregnet til 8% første vinteren og 10% andre vinteren.

Så høyt over bakken er det tydelig at andre kilder enn biltrafikken dominerer partikkelforurensningen, som dog var relativt liten, 30-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  inhalerbart. Sannsynligvis er oljefyringen hovedkilden her. Samtidige målinger av  $\text{SO}_2$  på samme stasjon bekrefter dette.

### 3.8 SAMMENSTILLING AV RESULTATER

Tabell 9 viser en oversikt over resultatene fra alle målestedene. På gatestasjonene var det absolutte dieselbidraget,  $\text{Cp,d}$ , til inhalerbart støv, IP, 16 - 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  om vinteren og 10 - 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  om sommeren. På sentrumstasjoner var det 3 - 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  om vinteren.

Tabell 9: Sammenstilling av resultater for beregninger av  $C_{p,d}$  og  $C_{p,d}/C_{part}$

	$C_{p,d}$		$\frac{C_{p,d}}{C_{part}}$		
	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Gj.snitt
<u>INHALERBARE PARTIKLER (&lt;10 <math>\mu\text{m}</math>)</u>					
<u>Gatestasjoner</u>					
St. Olavs gt. Oslo	20	10			.28(.22) <sup>1</sup>
Ringvn. Oslo, vått	16	12			.47
Ringvn. Oslo, tørt	25	14.5			.20
Brochs gt. Fr.stad	24	-			-
<u>Bakgrunnstasjoner i bysentrum</u>					
Nordahl Br.gt.Oslo	12	4.5			.28(.21) <sup>1</sup>
Teaterparken, Bergen	11/15 <sup>2</sup>	-			.26/.33 <sup>2</sup>
Minde, Bergen	12/21 <sup>2</sup>				.19/.34 <sup>2</sup>
City, Fredrikstad	9.5				.17
Fellesbanken, S.borg	3				.07
<u>RESPIRABLE PARTIKLER (&lt;2.5 <math>\mu\text{m}</math>)</u>					
Ringveien, Oslo, vått	12	9	.66	.51	.59
Ringveien, Oslo, tørt	18	11	.40	.51	.46

1 For tallet i parentes er den høyeste verdien, som var ca. 3 ganger høyere enn middelveidien av de øvrige, ikke tatt med (se figur 1 og 2).

2 Tallene foran/bak skråstrek: Februar 1983/januar 1984.



Det relative dieselbidraget var 20 - 47% på gatestasjonene. Det var høyest ved Ringveien i Oslo når det var vått. Tungtrafikkandelen her var ca 8%, og hastigheten 60 - 70 km/h. Når det var tørt, sank dieselandelen fra 47% til 20% på grunn av bidraget fra veistøvet. Ved St. Olavs gt. med tungtrafikk 2 - 3% ble dieselbidraget beregnet til 28% (22% hvis ekstremverdien vinteren 1984 ikke tas med).

På sentrumstasjoner var dieselbidraget til IP 7 - 34%. Det var lavest, 7%, på Fellesbanken i Sarpsborg, der stasjonen lå ca 20m over bakken.

Dieselandelen av respirable partikler (<2.5µm) var 51% ved Ringveien bortsett fra under tørre forhold om våren, når veistøvet bidrar vesentlig også til konsentrasjonen av respirabelt støv.

Tabell 10: Oversikt over trafikkparametre og utslipp av bly og dieselpartikler ved målestedene.

Målested	Trafikksammensetning, %			Hastighet $V_T$ km/h	Utslipp		$\frac{q_{p,d}}{q_{Pb}}$
	bbp	dpb+dvb	dlb		$\frac{q_{Pb}}{n_{tot}}$ $10^{-3}$ g/km	$\frac{q_{p,d}}{n_{tot}}$ g/km	
St. Olavs gate, Oslo	89	8	3	30	2.7 (0.15*)	0.066	24.4
					5.4 (0.3)	0.066	12.2
					7.2 (0.4)	0.066	9.2
Nordahl Bruns gate Oslo	84	8	8	30	2.5 (0.15)	0.116	46.4
					5.0 (0.3)	0.116	23.2
					6.7 (0.4)	0.116	17.3
Ringveien, Oslo	85	7	8	60-70	3.4 (0.15)	0.112	32.8
Teaterparken, Bergen	81	8	11	30	2.4 (0.15)	0.146	60.8
					4.8 (0.3)	0.146	30.4
Minde, Bergen	82	8	10	40	2.5 (0.15)	0.136	54.4
					5.0 (0.3)	0.136	27.2
City, Fredrikstad	82	8	10	30	4.8 (0.3)	0.136	28.3
Brochsgt. Fr. stad	82	8	10	30	4.8 (0.3)	0.136	28.3
Fellesbanken, Sarpsborg	82	8	10	30	4.8 (0.3)	0.136	28.3

bbp - bensindrevne personbiler

dpb - dieseldrevne personbiler

dvb - dieseldrevne varebiler

dlb - dieseldrevne lastebiler og busser

n - totalt antall biler pr. tidsenhet i trafikkstrømmen.

\* blyinnhold i bensin, g/l

Tabell 11: Målt konsentrasjon av partikler og bly, og beregnet bidrag fra dieseleksos.

Målested	Periode	Antall døgn- verdier	C <sub>part</sub>		C <sub>Pb</sub>		$\frac{q_{p,d}}{q_{Pb}}$	C <sub>p,d</sub>		$\frac{C_{p,d}}{C_{part}}$	
			FP	IP	FP	IP		FP	IP	FP	IP
St. Olavs gate, Oslo	feb 1986	25	43	94	0.72		24.4	17.6		0.19	
	j-f 1986	8		70	0.73			17.8		0.25	
	feb 1985	28	49	59	0.99			24.2		0.41	
	j-f 1984	9		30	0.93			22.7		0.76	
	a-s "	4		47	0.48			11.7		0.25	
	j-f 1983	8		77	1.47		12.2	17.9		0.23	
	a-s "	5		22	0.69			8.4		0.38	
	j-f 1982	8		82	1.49			18.2		0.22	
	a-s "	4		52	0.77			9.4		0.18	
	d-j-f 1980/81	12		81	2.00			24.4		0.30	
a-s "	5		42	0.79			9.6		0.23		
j-f 1980	7		88	2.05		9.2	18.9		0.21		
a-s "	4		69	0.94		"	8.6		0.12		
Nordahl Bruns gate Oslo	1986	25	30.5	45.5	0.36		46.4	16.7		0.37	
	1986	8		50	0.31			14.4		0.29	
	1985	28	40	49	0.51			23.7		0.48	
	j-f 1984	9		20	0.35			16.2		0.81	
	a-s "	5		24	0.14			6.5		0.27	
	j-f 1983	8		45	0.48		23.2	11.1		0.25	
	a-s "	5		11	0.21			4.9		0.45	
	j-f 1982	8		59	0.54			12.5		0.21	
	a-s "	4		18	0.13			3.0		0.17	
	d-j-f 1980/81	13		43	0.52			12.1		0.28	
a-s "	5		27	0.15			3.5		0.13		
j-f 1980	6		49	0.46		17.3	8.0		0.16		
a-s "	4		40	0.23		"	4.0		0.10		
Ringveien, sommer Totalt* St. 1 Totalt St. 4 Totalt St. 7  Sørlig, vått St. 1 St. 4 St. 7  Sørlig, tørt St. 1 St. 4 St. 7 * gjennomsnitt av en rekke prøver, uansett vind- og værforhold.	jul-aug 1984	14	16	31	0.30	0.46	32.8	9.8	15.1	0.61	0.49
	jul-aug 1984	14	14	26	0.20	0.27		6.6	8.9	0.47	0.34
	jul-aug 1984	14	-	29	-	0.26		-	8.5	-	0.29
	jul-aug 1984	2	19	37	0.39	0.60		12.8	19.7	0.68	0.53
	jul-aug 1984	2	18	36	0.28	0.40		9.2	13.1	0.51	0.36
	jul-aug 1984	2	-	36.5	-	0.32		-	10.5	-	0.29
	jul-aug 1984	3	24	53	0.50	0.72		16.4	23.6	0.68	0.45
	jul-aug 1984	3	22	44	0.34	0.46		11.2	15.1	0.51	0.34
	jul-aug 1984	3	-	47	-	0.43		-	14.1	-	0.30
	mar-jun 1985	5	17.5	27	0.35	0.49	32.8	11.5	16.1	0.66	0.60
	mar-jun 1985	3	46.5	438	0.56	0.76*	"	18.4	25.0*	0.40	0.06*
	Teaterparken, Bergen	feb 1983	25	20	41	0.35		30.4	10.6		0.26
jan 1984		30	32	46	0.25		60.8	15.2		0.33	
mai-jun 1983		60	13	23	0.16		30.4	4.9		0.21	
Minde, Bergen	feb 1983	24	49	65	0.45		27.2	12.2		0.19	
	jan 1984	18	50	63	0.39		54.4	21.2		0.34	
City Brochs gt Fellesbanken	d-f 81/82	85	45	56	0.33		28.3	9.4		0.17	
	d-f 81/82	85	51	69	0.85			24.1		0.35	
	d-f 81/82	85	30	39	0.11			3.1		0.08	
	d-f 82/83	85	15	28	0.10			2.8		0.10	

\*Korrigert for et innhold av bly i veistøv på ca 0.05% (Larssen, 1987).

#### 4 KONKLUSJON

Utslippsoversikter for partikler som er satt opp for Bergen og Drammen, basert på dagens kunnskap om utslippsfaktorer, ga at diesebilene (tunge og lette) bidrar med ca 35% av samlet partikkelutslipp fra biltrafikk og oljefyring. Tunge dieserbiler representerer ca 90% og lette dieserbiler ca 10% av dieserbidraget.

Når andre støvkilder, som veistøv, vedfyring, industri, langtransporterte forurensninger, etc. tas med, vil dieserbilenes bidrag bli mindre enn 35%. I byer uten store industrikilder til partikler vil bidrag fra veistøv og vedfyring på årsbasis redusere dieserbidraget kanskje ned mot 25%. I tørre, kalde perioder om vinteren vil dieserbidraget være enda mindre, på grunn av mye veistøv. Industrikilder til partikler vil redusere dieserbidraget ytterligere.

Beregning av dieserbidraget til inhalerbare partikler ( $<10 \mu\text{m}$  i diameter), basert på analyser av partikler og bly, ga dieserbidrag på 20-47% på gatestasjoner, mest på gater med høyest tungtrafikkandel. På sentrumstasjoner ble bidraget beregnet til 7 - 34%, lavest på høytliggende stasjoner. På en gatestasjon (Ringveien) var beregnet dieserbidrag vesentlig mindre ved tørr vei enn ved våt vei. Dette viser veistøvetts betydning.

Dieserbidraget til respirable partikler ( $<2.5 \mu\text{m}$ ) ble beregnet til å være større enn til inhalerbare partikler, og ikke i så stor grad avhengig av om veien var våt eller tørr.

Anslått usikkerhet i beregnet dieserbidrag er +35% relativt, basert på en anslått usikkerhet i hver av inngangsparametrene (blykonsentrasjon, blyutslippsfaktor, partikkelutslippsfaktor, etc.) på +20%. Anslaget på 35% er standardavviket av feilen ved en rekke beregningstilfeller, når inngangsparametrene er uavhengig av hverandre.

## REFERANSER

- Baines, M.B., Somers, J.H., Harvey, C.A. (1979) Heavy duty Diesel Particulate Emission Factors. J. Air. Poll. Contr. Assoc., 29, 616-621.
- Bilforurensningsutvalget (1984) Luftforurensninger fra vegtrafikk. Oslo (NOU 1983:40).
- Björkman, E., Egebäck, K.-E., Grägg, K. (1986) Avgasrening, dieselfordon. Solna, Statens naturvårdsverk (SNV rapport 3170).
- Björkman, E., Egebäck, K.-E., Grägg, K. (1986) Partikkelfällor, dieselfordon. Solna, Statens naturvårdsverk (SNV rapport 3171).
- Chang, T.Y., Modzelewski, S.W., Norbeck, J.M., Pierson, W.R. (1981) Tunnel air quality and vehicle emissions. Atmos. Environ., 15, 1011-1016.
- Ganley, J.T., Springer, G.S. (1974) Physical and Chemical Characteristics of Particulates in Spark Ignition Engine Exhaust. Env. Sci. & Techn., 8, 340-347.
- Hagen, L.O. (1982) Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad. Framdriftsrapport oktober 1981 - mars 1982. Lillestrøm (NILU OR 44/82).
- Hagen, L.O. (1983) Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad. Framdriftsrapport nr. 3. Lillestrøm (NILU OR 57/83).
- Hare, C.T., Black, F.M. (1981) Motor Vehicle Particulate Emission Factors. Research Triangle Park, North Carolina, U.S. Environmental Protection Agency.
- Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1985) Måling av utslipp av partikler, sot og bly fra bensindrevne kjøretøyer ved ulike kjøresykluser. Lillestrøm (NILU OR 3/85).
- Haugsbakk, I. (1987) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-86. Delrapport C: Utslippsdata. Lillestrøm (rapportutkast).
- Hoem, K., Gram, F. og Larssen, S. (1986) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen 1983-1985. Delrapport D: Utslippskartlegging. Lillestrøm (OR 57/86).

- Laresgoiti, A., Loos, A.C. og Springer, G.M. (1977) Particulate and Smoke Emissions from a Light Duty Diesel Engine. Env. Sci. & Techn., 11, 973-978.
- Larssen, S. (1985) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen 1983-85. Datarapport I. Måleresultater januar-august 1983. Lillestrøm (NILU OR 55/85).
- Larssen, S. (1986) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen 1983-85. Datarapport II. Måleresultater september 1983 - februar 1984. Kartlegging av oljeforbruk 1983. Lillestrøm (NILU OR 6/86).
- Larssen, S. (1987a) Overvåking av biltrafikk-forurensninger i Oslo, 1980-86. Rapport under utarbeidelse.
- Larssen, S. (1987b) Støv fra asfaltveier. Kjemisk og biologisk karakterisering av luftbåret støv. Lillestrøm (NILU rapportutkast, mai 1986).
- Melhus, Ø. (1982) Avgass- og partikkelutslipp fra person- og varebiler i den norske bilpark, spesielt fra biler med dieselmotorer. Trondheim, Inst. for forbrenningsmotorer og marint maskineri, NTH (IFMM-82-05).
- Olsson, L.-O. (1983) Luftföroreningar från vägtrafik i Sverige. Solna, Statens naturvårdsverk (SNV rapport 1671).
- Springer, K.J. og Stahman, R.C. (1977) Diesel Car Emissions - Emphasis on Particulate and Sulfate. Int. Automotive Engineering Congress and Exposition, Detroit, February 1977. Warrendale, PA., Society of Automotive Engineers (SAE 770254).
- Springer, K.J. og Baines, T.M. (1977) Emissions from Diesel Versions of Production Passenger Cars. Passenger Car Meeting, Detroit, September 1977. Warrendale, PA., Society of Automotive Engineers, (SAE 770818).
- Trijonis, J. (1982) Impact of Light Duty Diesels on Visibility in California. J. of Air Poll. Contr. Assoc., 32, 1048-1053.

## VEDLEGG A

## METODIKK



## METODIKK

FOR BEREGNING AV DIESELBILERS ANDEL AV PARTIKKELUTSLIPP,  
BASERT PÅ MÅLINGER AV PARTIKKEL- OG BLYKONSENTRASJONEN I LUFT.

1. KILDER

Vi regner med at følgende kilder, i vilkårlig rekkefølge, er de viktigste til partikkelforurensning i luft i tettsteder i Norden:

Dieseldrevne biler  
Bensindrevne biler  
Veistøv  
Oljeforbrenning  
Vedforbrenning  
Søppelforbrenning  
Industriutslipp

2. BEREGNING AV KILDEBIDRAG

Kildenes relative betydning varierer fra sted til sted, avhengig av kildesammensetningen. På ethvert sted kan kildenes bidrag til partikkelforurensningen bestemmes, om utslippsmengdene fra de ulike kilder eller dere kjemiske sammensetning er kjent. Kildebidragene kan da bestemmes enten ved kildeorienterte modeller, eller ved reseptororienterte modeller.

Bruk av kildeorienterte modeller til bestemmelse av kildebidragenes størrelse forutsetter at utslippsmengdene pr tidsenhet fra hver kilde og kildens plassering eller arealfordeling er kjent. Bruk av reseptororienterte modeller forutsetter at en kjenner spesifikke sporstoffer for hver enkelt kildetype, og sporstoffets andel av samlet partikkelutslipp.

I denne sammenheng er oppdragsgiver interessert i et estimat av dieselbilers bidrag til partikkelforurensningen i ulike miljøer i tettsteder. Dette kan estimeres med utgangspunkt i den kunnskap man



har om utslippsfaktorer for partikler og bly fra ulike bilklasser (bensindrevne personbiler (bpb) dieseldrevne personbiler (dpc) og dieseldrevne lastebiler (dlb)), samt blyandelen i partikkelinnholdet i lufta på stedet.

### 3. METODIKK FOR FORENKLET BEREGNING AV BIDRAGET FRA DIESELEKSOS TIL GJENNOMSNIITTLIG PARTIKKELFORURENSNING

Følgende forenklete metodikk benyttes:

1. Det tas utgangspunkt i allerede utførte målinger av partikkelkonsentrasjonen i luft, der også blyinnholdet av partiklene er bestemt.
2. På grunnlag av eksisterende utslippsfaktorer for bly fra bensindrevne biler og partikler fra dieseldrevne biler (dpc og dlb) beregnes forholdet mellom partikkelutslipp fra diesel ( $q_{p,d}$ ) og blyutslipp ( $q_{pb}$ ) fra den trafikk/de trafikkstrømmer som representerer hovedbidraget fra trafikk til forurensningen på de valgte steder. Dette forutsetter at trafikkfordelingen (andel bpb, dpc, dlb) er kjent eller kan anslås rimelig nøyaktig.
3. Diesebilenes bidrag til partikkelforurensningen ( $c_{p,d}$ ) beregnes som produktet av blykonsentrasjonen ( $c_{pb}$ ) og forholdet  $q_{p,d}/q_{pb}$ :

$$c_{p,d} = c_{Pb} \frac{q_{p,d}}{q_{Pb}}$$

Forutsetninger for at denne forenklete metode kan brukes er følgende:

- Innholdet av bly i dieseleksos er svært lite.
- Bly og andre partikler i respirabel og inhalerbar fraksjon spres på samme måte i luft.

Denne forutsetning er tilnærmet oppfylt, så lenge det dreier seg om partikler med effektiv aerodynamisk diameter mindre enn 10  $\mu\text{m}$ .

- Innholdet av bly i partikler fra andre kilder er lite.

Metoden kan ikke benyttes for målestasjoner som påvirkes nevneverdig av kilder med blyutslipp annet enn biltrafikken.

Veistøv inneholder bly fra bileksos som er avsatt på veibanen. Målingene fra Ringveien viser at om sommeren er tilskuddet av bly i respirable og inhalerbare partikler fra veistøvet (sammenlign "tørt" og "vått") svært lite. Om vinteren og våren kan blybidraget fra veistøvet øke blykonsentrasjonen i inhalerbart støv 10-15%, når det er tørt på veien. Når en ikke tar hensyn til dette i beregningen av dieseleksosens partikkelbidrag, vil en overvurdere dette bidraget med 5-10% relativt, når en baserer seg på gjennomsnitt over en rekke døgprøver med vekselvis tørre og våte forhold. Overvurderingen blir større for tørre prøver.

#### 4. USIKKERHET

Beregnet bidrag til partikkelforurensningen fra dieseleksos vil inneholde en usikkerhet, fordi det er usikkerheter i utslippsfaktorene, trafikksammensetningen og målte konsentrasjoner av partikler og bly.

Vi gir følgende anslag over usikkerheter i de enkelte parametre:

Utslippsfaktorer for partikler og bly: +20%

Trafikksammensetning	dpb: <u>+20%</u>
	dlb: <u>+20%</u>
	bpb: <u>+ 3%</u>

Målte konsentrasjoner av partikler og bly: +20%

Et overslag over den resulterende usikkerhet i beregningen av partikkelbidraget fra diesel etter ligningen på side 30, kan gjøres på grunnlag av:

$$C_{p,d} = \frac{C_{Pb}}{q_{Pb}} (n_1 q_1 + n_t q_t)$$

hvor  $n_1$  og  $n_t$  er andelen av lette og tunge dieselbiler  
 $q_1$  og  $q_t$  er utslippsfaktorer for lette og tunge dieselbiler.

Usikkerheten beregnes fra følgende formel:

$$C_{p,d} = F(a, b, c, \dots)$$

$$\frac{\Delta C_{p,d}}{C_{p,d}} = \frac{1}{C_{p,d}} \left[ \left( \frac{\partial C_{p,d}}{\partial a} \Delta a \right)^2 + \left( \frac{\partial C_{p,d}}{\partial b} \Delta b \right)^2 + \dots \right]^{1/2}$$

Et eksempel på usikkerhetsberegning er gjort på følgende verdier:

$$C_{Pb} = 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 20\%$$

$$q_{Pb} = 0.003 \text{ g}/\text{km} \pm 20\%$$

$$n_1 = 0.08 \pm 20\%$$

$$n_2 = 0.10 \pm 20\%$$

$$q_1 = 0.45 \text{ g}/\text{km} \pm 20\%$$

$$q_2 = 1.0 \text{ g}/\text{km} \pm 20\%$$

Dette gir  $\frac{\Delta C_{p,d}}{C_{p,d}} = 0.36.$

20% usikkerhet i hver av inngangsparametrene gir altså ca  $\pm 35\%$  relativ usikkerhet i beregnet dieselbidrag, som standardavvik for en rekke beregninger, ut fra de gitte verdier av  $C_{Pb}$ ,  $q_{Pb}$ , etc.

## VEDLEGG B

UTFALLSFAKTORER FOR BLY OG PARTIKLER FRA BILER



## 1. PARTIKKELUTSLIPP FRA DIESELDREVNE BILER

### 1.1 Lastebiler og busser

I Norge har Statens forurensningstilsyn (SFT), basert på utenlandske utslippsdata, gitt et grovt anslag for partikkelutslippet fra dieseldrevne busser og lastebiler (SFT, 1982), 0.9 g/km.

Tallet gjelder gjennomsnitts kjøreforhold på landsbasis, og gir altså ingen informasjon om utslippets avhengighet av kjørehastigheten og kjøremønster

Statens naturvårdsverk (SNV) opererer med samme tall, 0.9 g/km, i sine beregninger av totalutslipp fra biltrafikken i Sverige (Olsson, 1983).

Hare og Black (1981) gir utslippstallet 1.0 g/km for 4-takts diesel lastebiler og 1.1 g/km for busser, basert på en gjennomgang av amerikanske utslippsmålinger.

Chang et al. (1981) har beregnet utslippsfaktorer for bensin- og dieseldrevne biler basert på målinger av partikkelkonsentrasjonen i en veitunnel. Beregnet gjennomsnittlig utslipp fra tunge dieselbiler var 0.94 g/km for en kjørehastighet på ca 85 km/h ("cruising").

Baines et al. (1979) rapporterte følgende utslippsfaktorer fra målinger på tunge dieselbiler og busser, med kjøresykluser fra New York City og Los Angeles:

Utslippsfaktorer for partikler, g/km <sup>a</sup>				
	New York City		Los Angeles	
	"Non- freeway"	"Free- way"	"Non- freeway"	"Free- way"
Tunge diesel lastebiler <sup>b</sup> (4-takts motor)	(14)	(44)	(26)	(75)
Tom	1.0	0.6	0.8	0.6
Halv last	1.1	0.7	0.9	0.7
Full last	1.2	0.8	1.1	0.8
Busser <sup>b</sup>	(12.5)	(35)	(27)	(73)
Tom	2.6	1.8	2.0	1.4
Halv last	2.7	1.8	1.9	1.7
Full last	3.0	2.0	2.2	1.9

a Basert på laboratoriemålinger. Drivstofforbruket på vei kan være større.

b Tall i parentes er gjennomsnittshastighet i km/h.

Målingene viste at partikkelutslippet økte noe fra tom til full bil, og det avtok fra "non-freeway" til "freeway"-kjøring, og avtok med økende gjennomsnittlig kjørehastighet.

Bussene hadde et partikkelutslipp som var 2-2.5 ganger større enn lastebilene.

Bilavgaslaboratoriet har rapportert målinger av partikkelutslipp fra en SCANIA T112/DS1115 lastebil på ulike kjøresykluser (ECE RI5, buss-syklus, FTP-75) med og uten katalysator eller partikkelfelle, og kjøring med handelsdiesel og lettdiesel (Bjørkman et al., 1986 a, b).

Følgende utslippsfaktorer (g/km) ble rapportert for kjøring uten katalysator/partikkelfelle:

<u>SNV-rapport 3171</u>	<u>Lettdiesel</u>	<u>Handelsdiesel</u>
ECE R15	1.0	1.5
Buss-syklus	0.7	0.9
<u>SNV-rapport 3170</u>		
ECE R15	0.54-0.66*	
Buss syklus	0.61-0.67*	

\* Dieseltipe ikke spesifisert

For tunge lastebiler er dette datamaterialet konsistent, og det synes som 1 g/km er et rimelig godt anslag for partikkelutslippet i bykjøring. Ved økende hastigheter synes partikkelutslippet å avta, regnet i g/km.

Det er uklart hvor representativt Baines' utslippstall for busser er for busser i Norden. En vil gjerne se hans tall bekreftet av andre undersøkelser.

## 2.1 PERSON- OG VAREBILER

For lette dieseldrevne biler har SFT tidligere anvendt 0.45 g/km (SFT, 1982), mens SNV har anvendt 0.4 g/km (Olsson, 1983).

Ved Institutt for forbrenningsmotorer (IFMM) i Trondheim ble det i 1982 utført målinger av partikkelutslipp fra 15 dieseldrevne personbiler og 7 varebiler, etter ECE-syklus (Melhus, 1984). Resultatet var som følger (mg/km):

	Middelverdi	Std. avvik	Var. område
Personbiler	280	150	15-440
Varebiler	600	275	300-980

Laresgoiti et al. (1977) målte utslipp fra en diesel personbil (Mercedes OM 616) ved ulike hastigheter, turtall og belastning. De



fant en komplisert sammenheng mellom utslipp, turtall og belastning. Ved konstant hastighet målte de følgende utslipp:

40 km/h:	130 mg/km
60 km/h:	160 mg/km
80 km/h:	190 mg/km

Utslipppet økte derved med hastigheten, ved jevn hastighet.

Springer et al. (1977a, 1977b) rapporterte utslipp fra målinger på 7 diesel personbiler (Cutlass, Rabbit, Mercedes 220 D, Mercedes 240 D, Mercedes 300 D, Peugeot 204 D, Perkins 6-247), med følgende resultat:

Kjøresyklus	Middelværdi mg/km	Var. område mg/km
1975 FTP	353	182-573
FTP kaldstart 20 <sup>0</sup> C	376	202-628
FTP varmstart 20 <sup>0</sup> C	333	165-523
HFET	236	157-298

Utslipppet ved FTP kaldstart var noe høyere enn ved varmstart. Utslipppet ved HFET-syklus (landeveg, ca 70 km/h) var ca 65% av utslipppet ved FTP 1975-syklus (bykjøring i USA, gjennomsnitt ca 30 km/h).

Hare og Black (1981) gir utslippstallet 310 mg/km for lette dieselbiler, basert på gjennomgang av tilgjengelig materiale fra utslippsmålinger i USA. Det er ikke klart om tallet gjelder bykjøring, "highway"-kjøring eller et gjennomsnittstall for alle kjøreforhold. Det er også uklart om diesel varebiler er inkludert.

Trijonis (1982) brukte utslippstallet 250 mg/km for lette dieselbiler i forbindelse med en studie av virkningen av partikkelutslipp for

slike biler på synsvidden ("visibility") i California. Tallet gjelder gjennomsnitts kjøreforhold. Det er uklart om diesel varebiler er inkludert.

Springer's data gir noe høyere utslippstall enn det Melhus kom fram til i Trondheim. Hare's og Trijoni's faktorer er dårlig definert. De ligger nær opptil Melhus' faktorer for personbiler.

Det er rimelig å legge vekt på Melhus' resultater, og benytte dem for bykjøring med gjennomsnittshastighet 20 km/h. Springer's data gir lavere utslipp ved highway-kjøring (HFET) enn ved amerikansk bykjøring (FTP). Også målingene av tunge dieselmotorer viser at utslippet avtar fra bykjøring og til jevnere kjøring med høyere hastighet.

## 2 UTSLIPP AV BLY FRA BENSINDREVNE BILER

En del av det bly som er tilsatt bensinen slippes ikke ut med eksosen, men avsettes i motor og eksos-system. Vanligvis angis at 75% av bensin-blyet slippes ut med eksosen. En del av dette er på store partikler som ved akselerasjon løsner fra eksosystemet, støtes ut og avsettes på veibanen.

Den delen av bensin-blyet som slippes ut på små partikler er en fraksjon av kjørehastighet og motorbelastning. Figur B1 viser en sammenstilling av data fra USA (Ganley og Springer, 1974). Inkludert i figuren er resultater fra målinger NILU har utført i samarbeid med Institutt for forbrenningsmotorer ved NTH i Trondheim (Haugsbakk og Larssen, 1985).

Figuren viser at ved 15-20 km/h jevn hastighet finner man igjen 10-20% av bensin-blyet i eksos-partiklene. Ved 80 km/h jevn hastighet øker dette til 30-40%.

Resultatene fra NILUs målinger av bly-utslipp er vist i tabell B1. Blyinnholdet i eksosen (vektprosent av samlet partikkelmasse) var nær den samme for ECE-syklus og 80 km/h, 5-6% ved 0.15 Pb/l bensin.

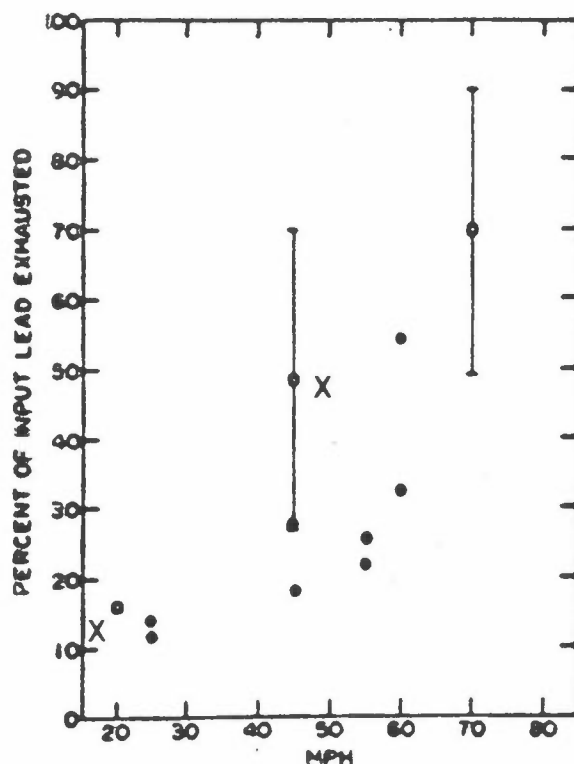
Basert på disse målinger og samtidige målinger av partikkelutslipp, ble følgende utslippsfaktorer for bly på små partikler beregnet (mg/km):

Kjøresyklus	Blyutslipp fra personbiler (mg/km)	
	0.4*	0.15*
ECE 15-04, varmstart 20 <sup>0</sup> C	5.5	2
ECE 15-04, kaldstart 20 <sup>0</sup> C	8	3
80 km/h, konst. hastighet	11	4

\* blyinnhold i bensin (g/l)

Tabell B 1: Bly i partikkel utslippet fra bensindrevne personbiler. Prøver tatt ved IFMM 1982 og 1983, på biler av årsmodeller fra 1968 til 1982.

År	Testmetode/ bensinforbruk	Blyinnhold i bensin g/l	Ant. biler	Bly i vekt% av samlet part. vekt		Bly ut Bly inn %	
				Middel	Var. omr.	Middel	Var omr.
1982	ECE 15-04	0.4	4	11.9	3-25	12	-
	kald 20 <sup>0</sup> C	0.3	1	3.1	-	24	-
	1.35 l/mil	0.15	1	2.3	-	9	-
1983	ECE 15-04	0.4	8	14.6	4-29	12.3	8-15
	kald 20 <sup>0</sup> C	0.3	4	12.3	5-19	14.9	12-20
	1.35 l/mil	0.15	4	5.6	2-11	12.5	8-20
1983	ECE 15-04	0.4	7	11.8	6-21	9.9	3-16
	varm 20 <sup>0</sup> C	0.3	2	9.6	8-11	15.0	12-18
	1.05 l/mil	0.15	3	5.6	3- 8	14.3	7-22
1983	80 km/h	0.4	5	11.1	6-16	38.5	14-80
	varm 20 <sup>0</sup> C	(0.4	6	14.9	6-34	76.7	14-268)
	1.05 l/mil	0.3	2	14.1	11-17	47.2	36-58
		0.15	2	5.6	2- 9	60.0	47-73



**Figure 6** Percent of input lead exhausted vs. speed. Comparison of the result of the present study with results from full size cars operated at road load conditions on chassis dynamometers  
 ○ Present study, ● Sampson and Springer (1972), ● Hirschler, et al. (1957), □ Habibi (1970), vertical lines indicate spread in data, ● Ter Haar et al. (1972).

X NILU

Figur B 1: Andel av bly i bensin som gjenfinnes i eksosen. Figur fra Ganley og Springer (1974) med data fra NILUs målinger (Haugsbakk og Larssen, 1985) plottet inn.

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)  
 NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH  
 POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAKSRAFFORT	RAPPORTNR. 27/87	ISBN-82-7247-810-2	
DATO MAI 1987	ANSV. SIGN. <i>J. Schjoldager</i>	ANT. SIDER 43	PRIS kr 40,-
TITTEL Diseleksosens bidrag til partikkelforurensning i luft i tettsteder		PROSJEKTLEDER St. Larssen	
		NILU PROSJEKT NR. 0-1129	
FORFATTER(E) Steinar Larssen		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Nordisk ministerråd, Styringsgruppen for nordisk samarbeid om bilavgasser v/Larsolov Olsson, Statens naturvårdsverk, Solna, Sverige			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Diseleksos                      Partikkelforurensning                      Tettsteder			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Bidraget fra diseleksos til partikkelforurensningen i tettsteder i Norden er beregnet på grunnlag av en enkel metodikk basert på målinger av konsentrasjonen av partikler og bly i luft samt utslippsfaktorer for partikler og bly fra henholdsvis diesel- og bensinbiler. Eksempler er gitt fra målestasjoner i byer i Norge.			
TITLE Contribution from diesel exhaust to the particle concentration in urban air.			
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines) The contribution from diesel exhaust to the particle concentration in urban air is calculated by means of a simple method based on measurement of particle and lead concentration i air and emission factors of particles and lead from diesel and gasoline powered cars respectively. Examples are given from a number of measurement stations in Norway.			

\* Kategorier: Apen - kan bestilles fra NILU                      A  
                   Må bestilles gjennom oppdragsgiver                B  
                   Kan ikke utleveres    C