



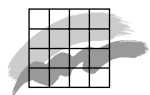
Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Arbejdsrapport fra DMU nr. 232, 2006

Miljøvurdering af frem- skyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler

Luftkvalitet og befolkningseksponering for PM2.5

(Tom side)



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Arbejdsrapport fra DMU nr. 232, 2006

Miljøvurdering af frem- skyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler

Luftkvalitet og befolkningseksponering for PM_{2.5}

Steen Solvang Jensen
Matthias Ketzel

Datablad

Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport fra DMU nr. 232
Titel:	Miljøvurdering af fremskyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler
Undertitel:	Luftkvalitet og befolkningseksposering for PM _{2.5}
Forfattere:	Steen Solvang Jensen og Matthias Ketzel
Afdeling:	Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	November 2006
Faglig kommentering:	Ruwim Berkowicz, Finn Palmgren
Finansiell støtte:	Finansieret af Institut for Miljøvurdering som rådgivningsrapport.
Bedes citeret:	Jensen, S.S., Ketzel, M. 2006: Miljøvurdering af fremskyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler. Luftkvalitet og befolkningseksposering for PM _{2.5} . Danmarks Miljøundersøgelser. 43s.- Arbejdsrapport fra DMU, nr. 232 http://www.dmu.dk/Pub/AR232.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport vurderer konsekvenserne for emissionen og luftkvaliteten af PM _{2.5} (partikler under 2,5 mikrometer) ved en fremskyndelse af krav om partikelfiltre på person- og varebiler. Fremskyndelses- scenariet består i at forudsætte, at alle nyregistrerede person- og varebiler fra 1/1-2007 til 31/12-2009 har partikelfiltre. Den samlede reduktion for både direkte udstødning og ikke-udstødning er 9% som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer. PM _{2.5} koncentrationen i bybaggrund på H.C. Ørsted Institut i København er beregnet til 20,7 µg/m ³ i referencesituationen i 2010, hvoraf trafikens samlede bidrag er 0,7 µg/m ³ dvs. at det regionale bidrag er 20 µg/m ³ . Beregninger for H.C. Ørsted Institut i København viser en reduktion på 0,047 µg/m ³ svarende til 6% i forhold til trafikens bidrag som følge af fremskyndelse af partikelfiltre, men kun 0,2% i forhold til koncentrationen i bybaggrund. Den største reduktion er 0,075 µg/m ³ svarende til 10% af trafikbidraget, og omkring 0,4% i forhold til koncentrationen i bybaggrund. Reduktionerne er endnu mindre uden for København.
Emneord:	Luftkvalitet, PM _{2.5} , luftkvalitetsmodel, emission, trafik, trafikmodel, scenarier, konsekvensvurdering.
Layout:	Majbritt Ulrich
ISSN (elektronisk):	1399-9346
Sideantal:	43
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/Pub/AR232.pdf
Kan købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tlf.: 70120211 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien

Indhold

Indledning 5

Sammenfatning 7

Summary 13

1 Generelt om partikler 17

- 1.1 Begreber og definitioner 17
- 1.2 Kilderne til partikelforurening 18
- 1.3 Emissionsnormer og grænseværdier for luftkvalitet 20

2 Forudsætninger 21

- 2.1 Fremskyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler 21
- 2.2 Bilparkens sammensætning i 2010 21
- 2.3 Trafikkens emissionsfaktorer i 2010 22

3 Metode 27

- 3.1 UBM beregninger for HT-området 27
- 3.2 Ekstrapolation af resultater fra HT til resten af landet 28

4 Validering af $PM_{2.5}$ beregninger 31

- 4.1 Validering af UBM beregninger 31
- 4.2 Validering af $PM_{2.5}$ emissionsfaktorer 31

5 Resultater 33

- 5.1 Effekten for emissionen i HT-området 33
- Effekten for $PM_{2.5}$ koncentrationen 34
- Effekten på befolkningseksponeringen 36
- 5.4 Sammenligning med tidligere undersøgelser 37

Referencer 41

Danmarks Miljøundersøgelser 43

Indledning

Der forventes nye skærpede EU krav til nyregistrerede bilers partikel-emission for person- og varebiler i 2010, således at alle nye diesel person- og varebiler forventes at skulle have partikelfilter monteret. På denne baggrund har Institut for Miljøvurdering ønsket at foretage en samfundsøkonomisk vurdering af, hvad konsekvenserne ville være, hvis man fremskyndede disse emissionskrav til starten af 2007 i stedet for 2010.

Projektets formål er således at vurdere konsekvenserne for emissionen og luftkvaliteten af $PM_{2.5}$ (partikler under 2,5 mikrometer) ved en fremskyndelse af krav om partikelfiltre på person- og varebiler. Der skal således vurderes et scenarie, hvor der indføres partikelfiltre på alle nyregistrerede person- og varebiler fra 1/1-2007 til 31/12-2009.

Danmarks Miljøundersøgelser har udført opgaven som rådgiver for Institut for Miljøvurdering mht. miljøvurderingen, mens Institut for Miljøvurdering har foretaget den samfundsøkonomiske analyse.

Nærværende rapport beskriver alene miljøvurdering, mens den samfundsøkonomiske analyse er beskrevet i Institut for Miljøvurderings rapport "Partikelfiltre på lette dieselskøretøjer – en samfundsøkonomisk analyse af fremskyndelse af partikelfiltre.

Miljøvurderingen er afgrænset til kun at vurdere konsekvenserne for $PM_{2.5}$ i bybaggrund, idet der foreligger metoder til at foretage samfundsøkonomiske analyser på baggrund af denne indikator. Det vil sige at der ikke foretages en vurdering af andre partikelfraktioner f.eks. ultrafine partikler (partikler under 0,1 mikrometer) eller PM_{10} (partikler under 10 mikrometer). Bybaggrund svarer til den luftkvalitet som er repræsentativ for situationer, hvor man ikke er tæt på trafikklender f.eks. lige over tagniveau i en by, i en park eller baggård. Konsekvenserne på gadeniveau er således ikke søgt kvantificeret selvom om effekten her vil være større end for bybaggrund.

I kapitel 1 gives en kort generel beskrivelse af partikler, som baggrund for at kunne forstå de efterfølgende konsekvenser som følge af partikelfiltre. Kapitel 2 beskriver forudsætningerne vedr. partikelfiltre scenariet. Bilparkens sammensætning mht. til partikelfiltre og dens emissionsforhold beskrives i 2010 i situationen, hvor alle nyregistrerede person- og varebiler siden 2007 har partikelfiltre. Kapitel 3 beskriver de anvendte metoder. Luftkvalitetsmodellen Urban Background Model (UBM) er anvendt til at beregne konsekvenserne af partikelfilterscariet for HT-området og en metode til ekstrapolation til det øvrige Danmark er beskrevet. I kapitel 4 er der en beskrivelse af resultaterne mht. emission, luftkvalitet og befolkningseksposering. Resultaterne sammenlignes med målinger. Endvidere sammenlignes hovedresultaterne med lignende undersøgelser, hvor partikelfiltre på tunge køretøjer er vurderet.

Sammenfatning

Baggrund og formål

Der forventes nye skærpede EU krav til partikelemissionen for nyregistrerede person- og varebiler i 2010, således at alle nye diesel person- og varebiler forventes at skulle have partikelfilter monteret. På denne baggrund har Institut for Miljøvurdering ønsket at foretage en samfundsøkonomisk vurdering af, hvad konsekvenserne ville være, hvis man fremskyndte disse emissionskrav til starten af 2007 i stedet for 2010.

Projektets formål er således at vurdere konsekvenserne for emissionen og luftkvaliteten af $PM_{2.5}$ (partikler under 2,5 mikrometer) ved en fremskyndelse af krav om partikelfiltre på person- og varebiler. Der skal således vurderes et scenarie, hvor der indføres partikelfiltre på alle nyregistrerede person- og varebiler fra 1/1-2007 til 31/12-2009.

Forudsætninger

I referencesituationen og fremskyndelsesscenariet i 2010 er andelen af partikelfiltre og dieselandel væsentlige forudsætninger. Disse forudsætninger er opstillet af Institut for Miljøvurdering.

I forbindelse med referencescenariet er der taget hensyn til at nogle person- og varebiler vil have partikelfilter selv uden fremskyndelse af emissionsnormer, som kræver partikelfilter. Det skyldes, at nogle biler allerede i dag sælges med partikelfilter f.eks. dyrere Peugeot biler, og at den nye afgiftslempelse på partikelfiltre forventes at give flere køretøjer med partikelfilter. Det forudsættes således, at andelen af diesel personbiler med partikelfiltre vil stige fra omkring 11% til 33% fra reference til partikelscenarie og tilsvarende fra omkring 7% til 37% for varebiler.

Udviklingen i andelen af dieselskøretøjer er ligeledes vigtig, idet det kun er dieselskøretøjer, hvor det vil være påkrævet at montere partikelfilter. Her er det vurderet at dieselandelen af personbiler er stigende frem til 2010, og at den vil være omkring 16% i 2010, for varebiler er dieselandelen vurderet til 84%.

Metode

Effekten af at fremskynde krav om partikelfiltre på lette køretøjer er vurderet for bybaggrundskoncentrationer for $PM_{2.5}$ i 2010, idet der foreligger metoder til at foretage samfundsøkonomiske analyser på baggrund af denne indikator. Bybaggrund svarer til den luftkvalitet som er repræsentativ for situationer, hvor man ikke er tæt på trafikskilder f.eks. lige over tagniveau i en by, i en park eller baggård. Konsekvenserne på gadeniveau er således ikke søgt kvantificeret selvom om effekten her vil være større end for bybaggrund.

Beregninger af $PM_{2.5}$ i reference og scenariet er gennemført med luftkvalitetsmodellen Urban Background Model (UBM), som er udviklet af Danmarks Miljøundersøgelser. UBM beregninger er gennemført for Hovedstadsområdet (HT området), som omfatter Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune, og Københavns Amt, Roskilde Amt og Frederiksborg Amt. Resultaterne fra HT-området er ekstrapoleret til resten af landet baseret på sammenhængen mellem ændringen i $PM_{2.5}$ som følge af

partikelscenariet og trafikarbejdet i HT-området, samt oplysninger om trafikarbejdet uden for HT-området.

Et partikelfilter vil alene reducere antallet og massen af partikler fra udstødningen, men vil ikke reducere de partikler som er relateret til mekaniske processer som bremsestøv, dækslid, ophvirvling af vejstøv mv. Den mekaniske del kaldes oftest ikke-udstødningsdelen. Ved montering af filtre kan 80-90% af partiklerne i udstødningen fjernes i praksis, når der tages hensyn til at filtre kan gå i stykker eller have reduceret effektivitet. Et optimalt fungerende filter fjerner næsten 100% af partiklerne, det gælder både masse og antal.

For at vurdere kvaliteten af UBM modellen og det anvendte input data er der foretaget koncentrationsberegninger for bybaggrund på H.C. Ørsted Instituttet i København, og disse resultater er sammenlignet med koncentrationsmålinger foretaget på taget af H.C. Ørsted Instituttet. UBM modellen viste god overensstemmelse med målingerne for NO_x, NO₂, men overestimerer O₃ med omkring 13%. Der er derfor grund til at antage, at modellen også vil kunne give gode resultater for spredningen af partikelemissionen.

Målte PM_{2.5} og PM₁₀ niveauerne er næsten ens for regional baggrund og bybaggrund. Der måles omkring 24 µg/m³ for PM₁₀ og omkring 20 µg/m³ for PM_{2.5} både i bybaggrund (H.C. Ørsted Instituttet) og i regionalbaggrund (Ll. Valby, Keldsnor). Det vil sige, at trafikens bidrag til PM_{2.5} må være meget lille.

Modelberegningerne med UBM modellen viser således, at bybaggrundsbidraget er meget lille, omkring 0,7 µg/m³. Dvs. at emissionen af partikler fra trafikken i København øger PM_{2.5} koncentrationen med omkring 5% ved H.C. Ørsted Instituttet. Det regionale bidrag er derfor dominerende i forhold til bybaggrundsbidraget.

For yderligere at vurdere de anvendte emissionsfaktorer er der også gennemført beregninger af gadekoncentrationer på H.C. Andersens Boulevard i København med OSPM modellen, som også er udviklet på Danmarks Miljøundersøgelser. Det beregnede gadebidrag er sammenlignet med målt data. Gadebidraget er gadekoncentrationer på H.C. Andersens Boulevard fratrukket bybaggrund på H.C. Ørsted Instituttet. Med denne metode får man et direkte check af de anvendte emissionsfaktorer, idet bybaggrund så at sige er renset fra. Den modellerede gennemsnitlige døgnvariation for NO_x passede fint med målinger, mens modellen overestimerede PM_{2.5} med 10-15%.

Resultater

Den direkte PM_{2.5} emission reduceres med 18% for personbiler og med 35% for varebilerne i gennemsnit for hele HT-området. Den samlede reduktion i direkte emission er imidlertid kun omkring 12% i forhold til hele trafikken, da direkte partikelemission ikke ændres for de tunge køretøjer.

Da ikke-udstødningsdelen er uændret, er den samlede reduktion i PM_{2.5} emissionen 8% for personbiler og 30% for varebiler. Grunden til at den procentvise reduktion er større for varebiler er, at varebiler har større direkte emission end personbiler, da dieselandelen er væsentlig højere.

Den samlede reduktion for både direkte udstødning og ikke-udstødning for alle køretøjer er 9% som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer.

Den geografiske fordeling af $PM_{2.5}$ koncentrationerne er beregnet med UBM modellen for HT-området for et gitternet med $1 \times 1 \text{ km}^2$ gitterceller. Trafikken bidrager maksimalt med $1,14 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ dvs. med op til 6% set i forhold til det regionale niveau på $20 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$. Trafikkens bidrag er størst langs de store transportkorridorer og i tætbefolkede byområder.

$PM_{2.5}$ koncentrationen i bybaggrund på H.C. Ørsted Instituttet i København er beregnet til $20,7 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ i referencesituationen i 2010, hvoraf trafikens samlede bidrag er $0,7 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$, idet det regionale bidrag er $20 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$. Beregninger for H.C. Ørsted Instituttet i København viser en reduktion på $0,047 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til 6% i forhold til trafikens bidrag som følge af fremskyndelse af partikelfiltre, men kun 0,2% i forhold til koncentrationen i bybaggrund. Den største reduktion er $0,075 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til 10% af trafikbidraget, og omkring 0,4% i forhold til koncentrationen i bybaggrund. De største reduktioner forekommer i Københavnsområdet, langs store transportkorridorer, og reduktionerne er endnu mindre uden for København.

Reduktionerne i $PM_{2.5}$ koncentrationen i bybaggrund er således marginale som følge af partikelscenariet. Ændringerne er så små, at det ikke vil være muligt at måle forskellen i bybaggrund, idet målingerne ikke vil kunne gennemføres med en tilstrækkelig præcision til at detekterer forskellen, samt indflydelse fra andre ændringer f.eks. trafikken.

Ændringen i befolkningseksposeringen som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer afhænger af ændringen i $PM_{2.5}$ koncentrationen og befolkningstætheden. Da der er sammenfald mellem høj befolkningstæthed og høj $PM_{2.5}$ koncentration i de tætte byområder er det også her, at de største ændringer i befolkningseksposeringen forekommer.

Sammenligning med andre undersøgelser

Tidligere undersøgelser har ikke vurderet effekten af partikelfiltre på lette køretøjer, men har kun set på effekten af partikelfiltre på tung trafik. Det gælder dels en undersøgelse af effekten af partikelfiltre på alle lastbiler for den foreslåede miljøzone i København, samt et generelt krav om partikelfiltre på lastbiler og busser i hele Danmark. Resultatet af fremskyndelse af filtre på lette køretøjer er derfor relateret til resultaterne fra disse undersøgelser.

Miljøzonescenariet forudsatte, at de 3,9% af trafikken, som var lastbiler, i fremtiden skulle have partikelfiltre. For busser blev det forudsat, at disse var gasbusser eller allerede havde partikelfiltre.

Reduktionen i den direkte $PM_{2.5}$ emission blev estimeret til 27%, hvilket er væsentligt højere end de 12%, som er en følge af fremskyndelse af filtre på lette køretøjer. Den samlede reduktion for både udstødning og ikke-udstødning var 22% for miljøzonescenariet mod 9% ved fremskyndelse af filtre på lette køretøjer. Grunden til at der opnås en større reduktion i miljøzonescenariet skyldes, at lastbiler har meget høje emissionsfaktorer i forhold til lette køretøjer, at alle lastbiler var omfattet af

partikelfilterkrav, og at scenariet med partikelfiltre på lette køretøjer kun omfatter en mindre del af de lette køretøjer.

Miljøzonescenariet ville inden for selve zonen give en reduktion i koncentrationen på op til $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til op til 1,9% reduktion af $\text{PM}_{2,5}$ koncentrationen i bybaggrund. Den største ændring i scenariet med fremskyndelse af filtre på lette køretøjer er $0,075 \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til op til 0,4% reduktion af $\text{PM}_{2,5}$ koncentrationen i bybaggrund. Miljøzone-scenariet er beregnet for 2003 og fremskyndelsesscenariet for 2010, og potentialet for reduktion af partikelemissionen er derfor forskelligt, da trafikens emission er faldende. Endvidere er forudsætningerne for det regionale niveau heller ikke helt ens i de to scenarier, hvilket påvirker de procentvise ændringer, når disse relateres til forskellige niveauer. Samlet set opnås en væsentlig større effekt af miljøzonescenariet med partikelfiltre på alle lastbiler i forhold til fremskyndelsesscenariet med partikelfiltre på nogle person- og varebiler.

Færdselsstyrelsen har tidligere gennemført en vurdering af luftkvaliteten i et scenarium, hvor alle tunge køretøjer i Danmark fik montering partikelfiltre. Denne konsekvensvurdering omfattede kun PM_{10} , og er derfor ikke direkte sammenlignelig med $\text{PM}_{2,5}$, idet ikke-udstødningsdelen er større for PM_{10} end for $\text{PM}_{2,5}$. Beregningerne blev gennemført for en emissionssituation, som svarer til 1999-2000.

I det centrale København blev det beregnet at trafikens bidrag til PM_{10} i bybaggrunden var omkring $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I nærværende rapport er bidraget beregnet til $0,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for $\text{PM}_{2,5}$. Det er forventeligt, at bidraget skal være mindre for $\text{PM}_{2,5}$ end for PM_{10} , da der er en mindre del af ikke-udstødning med i $\text{PM}_{2,5}$ end i PM_{10} . For det andet, er beregningsåret 2010, hvilket også vil betyde, at den direkte emission er mindre end for situationen i 1999-2000.

Reduktionen i PM_{10} koncentrationen blev beregnet til $0,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i det centrale København, som følge af at montere partikelfiltre på samtlige tunge køretøjer. Dette svarer til en reduktion på knap 2% i forhold til bybaggrundsforureningen. Den største ændring i scenariet med fremskyndelse af filtre på lette køretøjer er $0,075 \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til op til 0,4% reduktion af $\text{PM}_{2,5}$ koncentrationen i bybaggrund i København. Grunden til at reduktionen er væsentlig mindre i forhold til et scenarium med filtre på den samtlige tunge trafik er, at fremskyndelsesscenariet kun omfatter filtre på en mindre del af de lette køretøjer. Endvidere er fremskyndelsesscenariet beregnet for 2010, hvor potentialet for reduktion af partikelemissionen er mindre, da trafikens emission er faldende. Endvidere er forudsætningerne for det regionale niveau heller ikke helt ens, hvilket påvirker de procentvise sammenligninger.

Diskussion

Miljøvurderingen er afgrænset til kun at vurdere konsekvenserne for $\text{PM}_{2,5}$ i bybaggrund, idet der foreligger metoder til at foretage samfundsøkonomiske analyser på baggrund af denne indikator. Dette skyldes, at der eksisterer dosis-respons sammenhænge relateret til $\text{PM}_{2,5}$ for sammenhængen mellem eksponering og sundhedseffekter. Det er imidlertid problematisk, at der kun eksisterer operationelle sammenhænge for ganske få parametre, da andre indikatorer også kunne være relevante.

Man ved ikke med sikkerhed, hvad der gør partikler sundhedsskadelige. Der mangler i den forbindelse viden om hvor farlige de forskellige størrelsesfraktioner er, og hvilken betydning den kemiske sammensætning har. Der mangler ligeledes viden om hvor farlige partikler fra forskellige kilder er f.eks. trafik, brændefyring, sekundært dannede partikler i atmosfæren mv.

PM_{2,5} er derfor en meget sammensat indikator. I forbindelse med partikelfiltre reduceres trafikens sodpartikler. Metoden forudsætter derfor, at de dosis-respons sammenhænge, som er fundet for PM_{2,5} også gælder for sodpartikler.

Det har ikke været muligt inden for projektets rammer at foretage en bredere miljøvurdering, som omfattede flere relevante parametre f.eks. ultrafine partikler (partikler under 0,1 mikrometer) eller PM₁₀ (partikler under 10 mikrometer). Tidligere undersøgelser viser, at man kan forvente en langt større reduktion i antallet af partikler som følge af partikelfiltre, idet den regionale baggrund ikke er dominerende for antal partikler, som det er tilfældet med PM_{2,5} og PM₁₀. Dette er bl.a. vist i forbindelse med vurdering af partikelfiltre på lastbiler i miljøzoner (*Palmgren et al. 2005*).

Reduktionerne i PM_{2,5} koncentrationen i bybaggrund er marginale som følge af partikelscenariet, og vil ikke være målbare i bybaggrund. De marginale ændringer ganges herefter med befolkningstætheden for at få et udtryk for befolkningseksposeringen. Ud fra ændringer i befolkningseksposeringen beregnes ændringen i sundhedseffekter på baggrund af sundhedsdata og dosis-respons sammenhænge. Herefter ganges endesomkostninger på for at bestemme benefits i den samfundsøkonomiske cost-benefit analyse. Benefits er således de sparede samfundsøkonomiske omkostninger ved at reducere sundhedseffekterne. I denne analyse adderes en masse små bidrag, som godt kan ende med at benefits er større en omkostningerne ved partikelfiltrene. Problemet er om disse marginale ændringer også i den fysiske verden vil føre til reduktion i sundhedseffekter. Forudsætningen er, at relationerne er lineære selv for små ændringer, hvilket ikke er sikkert.

Bybaggrund svarer til den luftkvalitet som er repræsentativ for situationer, hvor man ikke er tæt på trafikklender f.eks. lige over tagniveau i en by, i en park eller baggård. Konsekvenserne på gadeniveau er således ikke søgt kvantificeret selvom om effekten her vil være større end for bybaggrund, fordi gadebidraget er væsentligt større end bybaggrundsbidraget.

Der er en vis usikkerhed på den samlede PM_{2,5} emissionen fra trafikken. Der er imidlertid større usikkerhed på fordelingen mellem de enkelte køretøjskategorier og fordelingen mellem bidragene for udstødning og ikke-udstødning. Dette betyder selvfølgelig også noget for usikkerheden, når effekten af partikelfiltre skal vurderes, som kun retter sig mod lette køretøjs udstødning.

Partikelfiltre skaber et lille modtryk, som teoretisk bør resultere i et lidt større brændstofsforbrug og dermed CO₂ udledning, alt andet lige. Færdselsstyrelsen har tidligere vurderet dette til at være fra 0-2%, men i praksis kan man ikke måle mellem køretøjer med og uden partikelfiltre,

fordi der også er forskelle i motorstyringsstrategi mv. Dette bidrag vurderes derfor at være marginalt.

Afhængig af valget af teknologi for partikelfiltrene kunne man forestille sig at den direkte emission af NO_2 ville øges. Dette er konstateret i forbindelse med visse typer af partikelfiltre på tunge køretøjer. En øget direkte emission af NO_2 vil skabe større problemer med at overholde grænseværdier for NO_2 i udeluften. Der forventes problemer med at overholde NO_2 grænseværdierne på stærkt trafikerede gader i København i 2010 (*Jensen et al. 2005*). Den teknologi som i dag anvendes ved fabriksmonterede partikelfilter på person- og varebiler er imidlertid anderledes, og medfører ikke en øget direkte NO_2 emission, som det kendes fra visse filterteknologier for tunge køretøjer.

Som det fremgår af ovenstående er der fortsat et stort behov for øget viden, som kan reducere usikkerheden i forbindelse med vurdering af effekten af forskellige tiltag overfor partikelforurening.

Summary

Background and objective

New stringent European Union emission standards for particles are expected to be implemented around 2010 for diesel-powered passenger cars and vans. Provided that such standards are agreed upon diesel-powered passenger cars and vans are expected to be equipped with particle filters that effectively will remove particle emissions.

Against this background, the Danish Environmental Assessment Institute wanted to carry out a cost-benefit analysis of a scenario where the emission standards came into force in 2007 instead of 2010.

The objective of the project is to assess the effects on particle emissions and air quality of $PM_{2.5}$ (particles less than 2.5 micrometer) of moving forward the emission standards for passenger cars and vans. An assessment of a scenario is carried out that assumes that all new diesel-powered passenger cars and vans entering the vehicle fleet during January 1st, 2007 and December 31st, 2009 will be equipped with particle filters. The National Environmental Research Institute has carried out this assessment.

Assumptions

In the business-as-usual scenario and the particle filter scenario in 2010 the share of passenger cars and vans that are diesel-powered and the share of passenger cars and vans that are equipped with particle filters are important assumptions for assessment of emissions. Data for these assumptions has been provided by the Danish Environmental Assessment Institute.

In the business-as-usual scenario some passenger cars and vans will be equipped with particle filters even if the emission standards are not brought forward. Some expensive cars already have particle filters and the newly introduced tax reduction on particle filters is also expected to lead to more cars with particle filters. It is assumed that the share of diesel-powered passenger cars will increase from 11% to 33% and from 7% to 37% for vans between the business-as-usual scenario and the particle filter scenario.

It is assumed the share of diesel-powered passenger cars will increase to 15% by 2010, and to 84% for vans.

Methodology

The air quality of $PM_{2.5}$ in urban background has been selected as an indicator for the environmental assessment since it is one of the few indicators for which it is possible to carry out a cost-benefit analysis.

Calculations of $PM_{2.5}$ in the business-as-usual and the particle filter scenario have been carried out the Urban Background Model (UBM) developed by the National Environmental Research Institute. Calculations are carried out on a $1 \times 1 \text{ km}^2$ grid for the Greater Copenhagen Area. This region encompasses the Municipality of Copenhagen, the Municipality of Frederiksberg, the County of Copenhagen, the County of Roskilde and

the County of Frederiksborg. The population in this region is about 1.8 million people. Results from this region has been extrapolated to the rest of the country to provide for an assessment of Denmark (5.3 million people).

A particle filter will only reduce the number and mass of particle exhaust and not the non-exhaust part. The non-exhaust part includes particle emissions related to mechanical processes (wear of brakes, tires, and road surface, and re-suspension of dust).

To assess the uncertainty of the model results a comparison of modeled and measured data was carried out for an urban background monitor station at the roof of the H.C. Ørsted Institute in Copenhagen.

The UBM model estimated the urban background contribution from vehicle particulate emissions to be $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for $\text{PM}_{2.5}$ in Copenhagen. Measurements between a regional background monitor station and the monitor station at H.C. Ørsted Institute showed similar levels ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) suggesting that the urban background contribution is small. For $\text{PM}_{2.5}$ the regional background contribution is dominant.

Model results showed good correlation with measurements of NO_x , NO_2 , and O_3 indicating that the model describes the dispersion well.

For further testing of the applied emission factors calculations were performed for street concentrations at a busy street in Copenhagen (H.C. Andersen's Boulevard) using the Operational Street Pollution Model (OSPM) developed by the National Environmental Research Institute. The street contribution was modeled with the OSPM model and compared with measurements. The street contribution is the concentration monitored in the street minus the urban background concentration at the H.C. Ørsted Institute. The comparison showed that modeled average diurnal profile of NO_x correlated well with measurements but were overestimated by 10-15% for $\text{PM}_{2.5}$.

Results

The exhaust emission of $\text{PM}_{2.5}$ will be reduced by 18% for passenger cars and 35% for vans as an average in the Greater Copenhagen Area. However, the total reduction in $\text{PM}_{2.5}$ exhaust emissions is only 12% for all vehicle categories since the emissions from heavy duty vehicles are unchanged.

Since the non-exhaust part is unchanged the total reduction in $\text{PM}_{2.5}$ emissions are 8% for passenger cars and 30% for vans. The relative reduction is larger for vans compared to passenger cars. This is because the exhaust emission is higher for vans since the share of diesel-powered vehicles is higher for vans.

The total reduction for exhaust and non-exhaust for all vehicle categories is 9% as a consequence of bringing forward the particle emission standards for passenger cars and vans.

The geographic distribution of $\text{PM}_{2.5}$ concentrations was modeled with the UBM model for the Greater Copenhagen Area on a $1 \times 1 \text{ km}^2$ grid. The maximum model contribution to the urban background from traffic was $1.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ or 6% in relation to the regional background level of $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$. As expected, the contribution from traffic was highest in the major transport corridors and in highly populated areas.

Annual mean of urban background concentrations of $\text{PM}_{2.5}$ at the H.C. Ørsted Institute in Copenhagen was modeled to $20.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the business-as-usual scenario in 2010. The contribution from traffic was $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as the regional background level is $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

The effect of the particle scenario was a reduction of $0.047 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the urban background at the H.C. Ørsted Institute in Copenhagen. This corresponds to a reduction of 6% of the contribution from traffic to $\text{PM}_{2.5}$ urban background concentrations. However, in relation to the urban background levels the reduction is only 0.2% since it is dominated by the regional background level.

The largest modeled reduction was $0.075 \mu\text{g}/\text{m}^3$. This corresponds to 10% of the contribution from traffic to urban background $\text{PM}_{2.5}$ concentrations or 0.4% in relation to the urban background levels. The largest concentration reductions were in Copenhagen and along the major transport corridors in the Greater Copenhagen Area whereas reductions were less in smaller cities and in rural areas.

Hence, the reductions of $\text{PM}_{2.5}$ concentrations in the urban background were marginal due to the particle filter scenario. The reductions were so small that it is not possible to measure the difference in urban background concentrations since the uncertainty on measurements are much higher than the modelled reductions.

The reduction in population exposure due to the particle filter scenario depends on the reduction in $\text{PM}_{2.5}$ concentrations and the population density. The largest reduction in population exposure was found in the most densely populated urban areas.

Comparison with previous studies

Previous Danish studies have not assessed the effect of particle filters on passenger cars and vans but have focused on heavy duty vehicles. One study assessed the impacts of a requirement for all trucks and buses to be equipped with particle filters as part of a proposed environmental zone in the central part of Copenhagen. Another study has assessed the impact of equipping all heavy duty vehicles in Denmark with particle filters.

The overall findings of the present study are consistent with the previous studies.

Discussion

The environmental assessment has been limited to assess $\text{PM}_{2.5}$ in urban background as this is the indicator used for the subsequent cost-benefit analysis. Dose-response relations exist for this indicator for the relation between exposure and health effects. However, other particle fractions or other air pollution indicators could also be relevant. $\text{PM}_{2.5}$ is a complex indicator and the methodology assumes that dose-response relations established for $\text{PM}_{2.5}$ also is applicable for reduction of soot particles that are targeted by particle filters.

The modelled reductions of $PM_{2.5}$ concentrations in the urban background are marginal due to the particle filter scenario. These marginal reductions are the basic input to a series of subsequent multiplications involving population density to get exposure, dose-response relations to get health effects and finally unit costs to get benefits. In this process it is assumed that all relations are linear and even marginal reductions will lead to benefits.

The impact of the particle filter scenario on street concentrations have not been quantified as the assessment has focused on urban background. However, the relative reduction in street concentrations will be higher than for urban background.

The total $PM_{2.5}$ emission from traffic is uncertain but the distribution between vehicle categories and between exhaust and non-exhaust is even more uncertain. These uncertainties obviously influence the assessment of a particle filter scenario focused on the exhaust of passenger cars and vans.

Particle filters should theoretically increase fuel consumption and hence CO_2 emissions but this effect is marginal and not measurable in practice.

The share of directly emitted NO_2 has been seen to increase for certain filter technologies for heavy duty vehicles. However, the filter technology applied for factory equipped particle filters for passenger cars and vans is different and does not exhibit this problem.

As described above, there is still a need for more knowledge to reduce the uncertainty in relation to assessment of the effects of control measures against particulate air pollution.

1 Generelt om partikler

For at kunne forstå hvordan effekten af partikelfiltre på person- og varebiler påvirker emissionen og luftkvaliteten for $PM_{2.5}$ er det vigtigt at have en forståelse for hvad der menes med partikler, og hvilke kilder, der er til partikler. For yderligere detaljer se rapporten Luftforurening med partikler i Danmark (*Palmgren et al. 2005*).

Luftforurening er et resultat af emissioner (udledning), spredning i luften og evt. kemiske og fysiske omdannelser. Det er derfor ikke ligegyldigt, hvor og hvordan forureningerne udsendes. Lave kilder f.eks. trafik giver anledning til høj lokal luftforurening og sådanne kilder i byområder vil derfor medføre stor eksponering af befolkningen. Forureningen fra høje punktkilder f.eks. kraftværker fortyndes kraftigt, før den når jordoverfladen og giver derfor ikke med de danske regler for godkendelse af kraftværker og lign. anledning til væsentlig eksponering af befolkningen. Luftforurening kan transporteres over endog store afstande. Man kan derfor ikke slutte direkte fra emissioner til luftkvalitet. Endelig findes naturlige kilder til partikler i luften, f.eks. jordstøv, salt fra havet og skovbrande.

1.1 Begreber og definitioner

Partikulær luftforurening er et relativt komplekst luftforureningsproblem, dels fordi partiklerne dannes ved en række forskellige processer under forbrænding, mekaniske påvirkninger og processer i atmosfæren, og dels fordi partiklerne karakteriseres ved forskellige størrelser og forskellige kemiske og fysiske egenskaber.

Nogle partikler dannes ved kilden og udsendes som partikler. De kaldes primære partikler. Dette gælder f.eks. partikler fra bilernes udstødning, som typisk vil være under 2,5 mikrometer, men også mekanisk dannede partikler fra bremses og dæk samt ophvirvling af partikler fra vejbanen, som typisk vil være større partikler.

Andre partikler dannes i atmosfæren ved kemiske/fysiske processer, de kaldes sekundære partikler. Typiske sekundære partikler er dannet ud fra SO_2 eller NO/NO_2 fra forbrændingsprocesser (kraftværker, industri, fyringsanlæg eller motorer). Gasserne oxideres og danner sulfater og nitrater og forekommer oftest som ammoniumsulfat og ammoniumnitrat partikler. Desuden kan de optage vand eller der kan kondenseres flygtige stoffer på disse partikler. Disse partikler er typisk under 2,5 mikrometer, og udgør en meget stor del af $PM_{2.5}$ målt i den regionale baggrund dvs. ude på landet.

Partiklerne opdeles typisk efter deres størrelse. Tabel 1.1 og figur 1.1 giver en skematisk oversigt.

Tabel 1.1 Partikelbetegnelse

Betegnelse	Størrelse (diameter) i μm
Nanopartikler	under 0,02
Ultrafine partikler	under 0,1
Fine partikler	under 2,5
Grove partikler	under 10

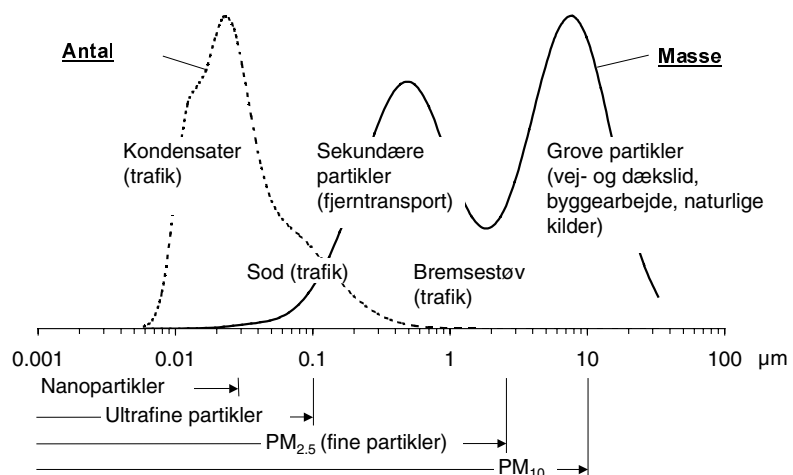
Almindeligvis anvendes begreberne PM_{10} , der er massen af alle partikelstørrelser op til $10\ \mu\text{m}$, $\text{PM}_{2,5}$, der er massen af alle partikelstørrelser op til $2,5\ \mu\text{m}$ osv. Ofte ses også betegnelsen TSP (Total Suspended Particulates), som omfatter alle partikler under ca. $40\ \mu\text{m}$.

Grove og fine partikler opgøres primært efter vægt, mens især ultrafine partikler opgøres efter deres antal, da de vægtmæssigt udgør forsvindende lidt i forhold til de grovere partikler. For grove partikler anvendes ofte fraktionen PM_{10} - $\text{PM}_{2,5}$.

1.2 Kilderne til partikelforurening

I danske byer er TSP typisk 30-40 pct. større end PM_{10} og PM_{10} typisk dobbelt så stor som $\text{PM}_{2,5}$. Det skal dog understreges, at forskellene afhænger meget af kilderne på stedet, således er forskellene mellem disse størrelseskategorier små på landet og uden for byernes mest trafikerede områder, hvor baggrundsforureningen er dominerende, men store på gader med stærk og tung trafik. De grove partikler er således mere dominerende i et trafikeret bymiljø, mens de fine partikler relativt set dominerer i trafiksvage områder.

Figur 1.1 Skematisk tegning af størrelsesfordelingen af partikler i byluft. Den vandrette akse er partikeldiameteren i μm . Den fuldt optrukne kurve opgjort som masse og den stiplede kurve er den samme fordeling af partiklerne opgjort i antal. Det kan illustreres ved, at en partikel på $10\ \mu\text{m}$ vejer lige så meget som 1 milliard partikler på $0,01\ \mu\text{m}$.



De ultrafine partikler og nanopartiklerne, dannes ved høj temperatur, f.eks. i forbrændingsmotorer, kraftværkskedler eller industrielle processer. Disse partikler kan være væskedråber af brændstof eller olie eller faste sodpartikler. Den væsentligste kilde til ultrafine partikler er trafik, især dieselmotorer, og er derfor dominerende i byer. De ultrafine partikler vokser ved optagelse af gasser eller sammensmeltning med andre partikler eller fordamper efter en vis tid afhængigt af deres egenskaber.

En del af de ultrafine partikler er sodpartikler, som primært stammer fra dieseldrevne biler og brændeovne. Disse partikler har typiske størrelsen

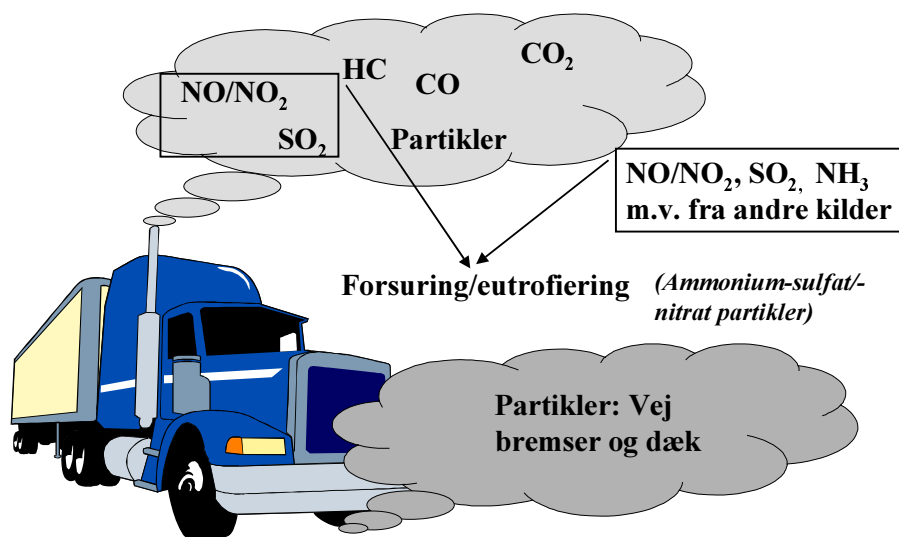
80-100 nm, og er i stand til at trænge dybt ned i lungerne. De dråbeformede partikler, som primært stammer fra benzindrevne biler ligger typisk i størrelsesorden 20-30 nm.

De fine partikler er et resultat af en række kemiske/fysiske omdannelser, dvs. de typisk har længere opholdstid i atmosfæren end de ultrafine partikler. En del af de fine partikler er dannet som følge af koagulation mellem ultrafine partikler indbyrdes eller mellem fine og ultrafine partikler. Denne proces tager en vis tid, som bl.a. betyder, at ultrafine partikler fra biler normal ikke når at koagulere, mens de findes i gaden, hvor opholdstiden kun er nogle få minutter. De fine partikler kan holde sig svævende i flere uger og dermed transporteres over adskillige tusinde kilometer. De væsentligste kilder til fine partikler er forbrændingsprocesser, der giver anledning til dannelse af henholdsvis svovldioxid og kvælstofoxider, som efterfølgende omdannes, som omtalt, til fine partikler, såkaldte sekundære partikler, under transport fra det Europæiske kontinent til Danmark.

Grove, luftbårne partikler dannes typisk ved forskellige mekaniske processer, f.eks. jord- og vejstøv ophvirvlet af vinden, grusning og saltning til glatføre bekæmpelse, havsprøjt (som tørrer ud til saltpartikler), vulkaner, vegetation (pollen), dæk- og kørebaneslid, byggeri og industrielle aktiviteter. Disse partikler har en væsentlig kortere levetid, idet de pga. deres vægt kun holder sig svævende i kortere tid. Desuden indgår de kun i begrænset omfang i kemiske/fysiske omdannelser.

Et partikelfilter vil alene reducere både antallet og massen af partikler fra udstødningen, men vil ikke reducere de partikler som er relateret til de mekaniske processer som bremsestøv, dækslid, ophvirvling af vejstøv mv. Den mekaniske del kaldes oftest blot ikke-udstødnings-delen.

Figur 1.2 Illustration af de forskellige bidrag fra trafikken til partikelforureningen. Partikelfiltre vil kun reducere partikelemissionen i udstødningen mens der ikke er nogen effekt i forhold til ikke-udstødningsdelen som bremsestøv, dækslid, ophvirvling af vejstøv mv.



1.3 Emissionsnormer og grænseværdier for luftkvalitet

Regulering af luftforureningen fra biler sker gennem EU direktiver, som fastsætter emissionsnormer til nyregistrerede biler. For biler er emissionsnormen fastsat for udstødningen, som en grænse for massen af partikler over en bestemt kørecyklus, som testet i et laboratorium på et rullefelt. Dette sker i forbindelse med typegodkendelse af nye bilmodeller. Partiklerne i udstødningen regnes normalt som værende under 2,5 mikrometer og svarer således til $PM_{2.5}$.

EU forventes i 2010 at fastsætte så skrappe emissionskrav for partikler for person- og varebiler, at bilfabrikanterne bliver nødt til at montere partikelfiltre for at emissionskravene kan overholdes.

Foreløbigt har EU kun fastsat grænseværdier for luftkvaliteten for PM_{10} dvs. grænseværdier, som skal overholdes i udeluften både i bybaggrund og på gadeplan.

EU har et foreløbigt forslag til grænseværdi for luftkvaliteten af $PM_{2.5}$ på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddel i 2010, men dette er endnu ikke endeligt vedtaget.

2 Forudsætninger

I det følgende beskrives kort scenariet med fremskyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler og de forudsætninger, der knytter sig hertil mht. bilparkens sammensætning og emission i 2010.

2.1 Fremskyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler

Der forventes nye skærpede EU krav til nyregistrerede bilers partikelemission for person- og varebiler i 2010, således at alle nye diesel person- og varebiler forventes at skulle have partikelfilter monteret.

Scenariet omfatter en fremskyndelse af disse emissionskrav til starten af 2007 i stedet for 2010 dvs. at der forudsættes partikelfiltre på alle nyregistrerede person- og varebiler fra 1/1-2007 til 31/12-2009.

I scenariet vil der derfor i 2010 være en større andel af person- og varebiler, som har partikelfilter, hvis emissionskravene bliver fremskyndet til 2007.

Referencescenariet i 2010 er situationen som den vil være uden at der foretages en fremskyndelse af partikelemissionskravene.

Miljøvurderingen foretages således i 2010 for reference situationen og scenariet med partikelfiltre på person- og varebiler gældende fra 2007.

2.2 Bilparkens sammensætning i 2010

I forbindelse med emissionsberegningerne er det nødvendigt at kunne beskrive bilparkens sammensætning i 2010 mht. den procentvise fordeling af de forskellige køretøjstyper på forskellige emissionsnormer.

I forbindelse med et tidligere projekt om "Virkemidler til overholdelse af NO₂ grænseværdier for luftkvalitet i København" er sådanne forudsætninger opstillet for 2010 for både NO_x og partikler (*Jensen et al. 2005*). I forbindelse med vurdering af nærværende scenarie om partikelfiltre på person- og varebiler har det været nødvendigt at supplere med oplysninger i 2010 om:

- Procent diesel personbiler med partikelfilter i reference og scenarie
- Procent diesel varebiler med partikelfilter i reference og scenarie
- Procent diesel lastbiler med partikelfilter i reference og scenarie
- Procent diesel busser med partikelfilter i reference og scenarie
- Andel af dieselpersonbiler ud af alle personbiler
- Andel af dieselvarebiler ud af alle varebiler.

Disse oplysninger er tilvejebragt af Institut for Miljøvurdering, og er detaljeret beskrevet i rapporten "Partikelfiltre på lette dieselskøretøjer – en samfundsøkonomisk analyse af fremskyndelse af partikelfiltre" (Sept. 2006).

I nedenstående tabel 2.1er forudsætningerne vedr. bilparkens sammensætning opsummeret for de forskellige køretøjskategorier og emissionsklasser.

Tabel 2.1 Bilparkens sammensætning for forskellige køretøjskategorier og emissionsklasser i 2010 i reference situation og scenarie med fremskyndelse af partikelfiltre på person- og varebiler.

2010	Køretøjskategori	Konventionel (%)	EURO 1-4 (%)	EURO norm med partikelfilter (%)	Dieselandel i forhold til køretøjskategori (%)
Reference	Benzin personbiler	4,4	95,6	-	-
Reference	Diesel personbiler	4,4	84,9	10,7	16,2 ¹
Reference	Taxa	4,4	84,9	10,7	100
Reference	Varebiler	7,6	86,1	6,3	84
Reference	Lastbiler <32t	9	89	2	100
Reference	Lastbiler >32t	6	92	2	100
Reference	Busser	9	65,6	25,4	100
Reference	Benzin personbiler	4,4	95,6	-	-
Reference	Diesel personbiler	4,4	62,2	-33,4	16,2 ¹
Reference	Taxa	4,4	62,2	33,4	100
Reference	Varebiler	7,6	57,6	34,8	84
Reference	Lastbiler <32t	9	89	2	100
Reference	Lastbiler >32t	6	92	2	100
Reference	Busser	9	65,6	25,4	100

¹ Andel i forhold til personbiler som helhed

I forbindelse med referencescenariet er der taget hensyn til at nogle person- og varebiler vil have partikelfilter selv uden fremskyndelse af emissionsnormer, som kræver partikelfilter. Det skyldes, at nogle biler allerede i dag sælges med partikelfilter f.eks. dyrere Peugeot biler, og at den nye afgiftslempelsen på partikelfiltre forventes at give flere køretøjer med partikelfilter. Det forudsættes således, at andelen af diesel personbiler med partikelfiltre vil stige fra omkring 11% til 33% fra reference til partikelscenarie og tilsvarende fra omkring 7% til 37% for varebiler.

Udviklingen i andelen af dieselskøretøjer er ligeledes vigtig, idet det kun er dieselskøretøjer, hvor det vil være påkrævet at montere partikelfilter. Her er det vurderet at dieselandelen af personbiler er stigende frem til 2010, og at den vil være omkring 16% i 2010, for varebiler er dieselandelen vurderet til 84%.

2.3 Trafikkens emissionsfaktorer i 2010

Trafikkens emissioner er baseret på emissionsmodulet i gadeluftkvalitetsmodellen OSPM, som er udviklet af Danmarks Miljøundersøgelser (Berkowicz et al. 1997, 2000a, 2006).

I forbindelse med scenariet med partikelfiltre er der for hver køretøjskategori defineret en emissionsklasse, som afspejler situationen med parti-

kelfilter, hvilket er opsummeret i nedenstående tabel. For de lette køretøjer svarer emissionsnormen til det såkaldt tyske forslag til nye emissionsnormer for partikler for person- og varebiler (Euro 5 på 0,0025 g/km) (Jensen *et al.* 2005). Dette forslag er skrapere end EU kommissionens seneste forslag fra 21.december 2005 på 0,005 g/km, som kunne komme til at gælde fra medio 2008, hvis det vedtages. Direktivets endelige ikrafttrædelsesdato kendes således ikke på nuværende tidspunkt. Det er også sandsynligt, at der vil forskellige tidspunkter for hvornår personbiler inkl. mindre varebiler, og større varebiler skal opfylde kravene, hvilket der lægges op til i direktivforslaget. Under alle omstændigheder er det emissionsnormer, som kun kan forventes at blive opfyldt med montering af filtre.

EU kommissionens forslag indebærer at EURO 4 emissionsnormen for diesel personbiler på 0,025 g/km skærpes til 0,005 g/km dvs. med 80% mens det tyske forslag svarer til 90%. Scenarieregningerne er gennemført før kommissionens forslag blev offentliggjort den 21. december 2005, og afspejler således det tyske forslag. Som det fremgår af ovenstående er der lille procentvis forskel mellem disse to forslag, når de sammenholdes med EURO 4 som udgangspunkt.

Ved montering af filtre kan 80-90% af partiklerne fjernes i praksis, når der tages hensyn til at filtre kan gå i stykker eller have reduceret effektivitet. Et optimalt fungerende filter fjerner næsten 100% af partiklerne, det gælder både masse og antal.

Tabel 2.2. Forudsætninger for emissionsfaktorer for partikler for de forskellige køretøjskategorier i 2010 i scenariet med partikelfilter

	Emissionsfaktor (g/km)	
Emissioner g/km	Diesel person- og varebil samt taxi	0.0025
Emissioner g/km	Lastbiler < 32t	0.03
Emissioner g/km	Lastbiler > 32t	0.03
Emissioner g/km	Busser	0.03

2.3.1 Emissionsfaktorer for de enkelte køretøjskategorier

I nedenstående tabel er emissionsfaktorerne illustreret for PM_{2.5} i referencescenariet samt i scenariet, hvor lette køretøjer har partikelfiltre i 2010. I scenariet har 33% af diesel personbilerne og 37% af diesel varebilerne partikelfilter mod hhv. 11% og 7% i referencesituationen.

Det ses, at partikelemissionen fra de lette køretøjer er meget mindre end for de tunge køretøjer, når man sammenligner de enkelte køretøjskategorier.

Bemærk at partikeludstødningen er væsentlig lavere for personbiler end for varebiler, fordi 84% af personbilerne er benzinbiler med lav partikeludstødning, mens kun 16% af varebilerne er benzinbiler.

Scenariet med fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer betyder at partikeludstødningen reduceres med omkring 20% for personbiler og 25% for varebiler. Men da ikke-udstødning spiller en væsentlig rolle er den samlede reduktion i PM_{2.5} forureningen kun hhv. 8% for personbiler og 20% for varebiler.

Tabel 2.3 Emissionsfaktorer for partikeludstødning og ikke-udstødning for forskellige køretøjskategorier i 2010 (ved 50 km/t) for reference og scenarie

Type	Personbil	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Busser
Udstødning PM (g/km)	0.010	0.090	0.376	0.711	0.236
Ikke-udstødning PM _{2.5} (g/km)	0.014	0.020	0.057	0.075	0.057
I alt reference	0.024	0.110	0.433	0.786	0.293
Udstødning PM (g/km)	0.008	0.068	0.376	0.711	0.236
Ikke-udstødning PM _{2.5} (g/km)	0.014	0.020	0.057	0.075	0.057
I alt scenarie	0.022	0.088	0.433	0.786	0.293

Emission fra trafikken

Ovenstående tabel viser emissionsfaktorer for de enkelte køretøjskategorier. Den samlede emission vil selvfølgelig være afhængig af køretøjsfordelingen. I nedenstående tabel er den vægtede emission vist for den gennemsnitlige trafikfordeling i HT-området.

I referencesituationen bidrager de lette køretøjer med omkring 50% af partikelforureningen med PM_{2.5}, men udgør omkring 93% af trafikken. Den tunge trafik bidrager ligeledes med omkring 50% af PM_{2.5} forureningen, men udgør kun omkring 7% af trafikken.

Da partikelfilterscenariet kun reducerer den direkte udstødning og ikke-udstødning er uændret skifter forholdet mellem udstødning og ikke-udstødning (i procent) fra omkring 42% og 82% til 36% og 77% for henholdsvis personbiler og varebiler i 2010 mellem reference og scenarie.

Det ses, at reduktionen i udstødningen som følge af scenariet er omkring 20% og 24% for hhv. person- og varebiler. Den samlede reduktion for person- og varebiler, når man ser det i forhold til både udstødning og ikke-udstødning er imidlertid kun omkring 9%. Da den lette trafik bidrager med omkring 3/4 af partikelforureningen for ikke-udstødning er den samlede effekt af scenariet kun 6% i forhold til den samlede emission i referencesituationen.

Ovenstående gælder for en bygade ved 50 km/t. Da partikelforureningen er afhængig af hastigheden samt køretøjsfordelingen mellem lette og tunge køretøjer vil den procentvise reduktion også afhænge heraf.

Tabel 2.4 Fordelingen af vægtet PM_{2.5} udstødning og ikke-udstødning i reference og scenarie med fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer. Bygade ved 50 km/t.

	Personbil	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Bus	I alt
Køretøjssammensætning (%)	81.9	11.2	4.5	1.5	0.9	100
Reference						
Vægtet udstødning PM (g/km)	0.008	0.010	0.017	0.010	0.002	0.048
Vægtet ikke-udstødning PM _{2.5} (g/km)	0.011	0.002	0.003	0.001	0.001	0.018
Vægtet i alt (g/km)	0.019	0.012	0.020	0.011	0.003	0.066
Procent udstødning (%)	17	21	35	22	5	100
Procent ikke-udstødning (%)	64	13	14	6	3	100
Procent i alt (%)	30	19	30	17	4	100
Udstødning/i alt (%)	42	82	87	90	81	73
Ikke-udstødning/i alt (%)	58	18	13	10	19	27
I alt (%)	100	100	100	100	100	100
Scenarie						
Vægtet udstødning PM (g/km)	0.007	0.008	0.017	0.010	0.002	0.044
Vægtet ikke-udstødning PM _{2.5} (g/km)	0.011	0.002	0.003	0.001	0.001	0.018
Vægtet i alt (g/km)	0.018	0.010	0.020	0.011	0.003	0.062
Procent udstødning (%)	15	18	39	24	5	100
Procent ikke-udstødning (%)	64	13	14	6	3	100
Procent i alt (%)	29	16	32	19	4	100
Udstødning/i alt (%)	36	77	87	90	81	71
Ikke-udstødning/i alt (%)	64	23	13	10	19	29
I alt (%)	100	100	100	100	100	100

3 Metode

Effekten af at fremskynde krav om partikelfiltre på lette køretøjer er vurderet for bybaggrunds-koncentrationer for $PM_{2.5}$ i 2010, idet der foreligger metoder til at foretage samfundsøkonomiske analyser på baggrund af denne indikator. Det vil sige at der ikke foretages en vurdering af andre partikelfraktioner f.eks. ultrafine partikler eller PM_{10} (partikler under 10 mikrometer). Bybaggrund svarer til den luftkvalitet som er repræsentativ for situationer, hvor man ikke er tæt på trafikklidder f.eks. lige over tagniveau i en by, i en park eller baggård. Konsekvenserne på gadeniveau er således ikke søgt kvantificeret selvom om effekten her vil være større end for bybaggrund.

Beregninger af $PM_{2.5}$ i reference og scenariet er gennemført med luftkvalitetsmodellen Urban Background Model (UBM) for Hovedstadsområdet (HT området). HT-området omfatter Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune, og Københavns Amt, Roskilde Amt og Frederiksborg Amt. Resultaterne fra HT-området er ekstrapoleret til resten af landet baseret på sammenhængen mellem ændringen i $PM_{2.5}$ og trafikarbejdet i HT-området, og oplysninger om trafikarbejdet uden for HT-området.

3.1 UBM beregninger for HT-området

UBM modellen anvendes til at beregne bybaggrundsbidraget (*Berkowicz 2000b*). Til beregningerne anvendes trafikdata på et $1 \times 1 \text{ km}^2$ gitternet svarende til Danske Kvadrat Net, som er dansk standard for udveksling af gitternet baseret geografisk information. Trafikdata og dermed emissionsdata dækker hele Hovedstadsområdet. Emissionsdata beregnes med et emissionsmodul, som er baseret på emissionsbeskrivelsen i OSPM.

Der foreligger endnu ikke lange komplette tidsserier i regional baggrund af $PM_{2.5}$, som egner sig som input til UBM modellen. Regional baggrund repræsenterer situationen ude på landet, hvor lokale kilder ikke dominerer. På baggrund af de målinger som er gennemført, er der fastsat et regionalt årsmiddel niveau af $PM_{2.5}$ på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Wählén & Palmgren 2004*). Dette er således en konstant værdi uden tidsvariation. I beregningerne er det forudsat at det regionale bidrag er uændret fra 2003 til 2010. Der kan måske forventes en lille reduktion i det regionale $PM_{2.5}$ niveau pga. emissionsreduktion på europæisk plan, men dette vil ikke have indflydelse på de efterfølgende resultater, da vi er interesseret i at beregne ændringen som følge af partikelfiltre på lette køretøjer.

Meteorologisk data stammer fra HC Ørsted Instituts tag i København fra 2003.

Som kontrolberegninger er der også gennemført beregninger for PM_{10} , samt NO_x , NO_2 og O_3 . For NO_x , NO_2 og O_3 er anvendt en tidsserie fra 2003, som antages at være repræsentativ for den regionale baggrund for Hovedstadsområdet (målestationen Keldsnor på Langeland). Det regionale niveau af PM_{10} er fastsat til $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som en konstant værdi.

I UBM beregningerne indgår trafikdata og dermed emissionsdata for et $1 \times 1 \text{ km}^2$ gitternet, som dækker hele Hovedstadsområdet. Trafikdata er en kombination af data fra OTM-modellen og KRT. OTM modellen er en avanceret trafikmodel som dækker Hovedstadsområdet. OTM indeholder modeller for både kollektiv trafik og biltrafik. Modellen ejes af Ørestadsselskabet. KRT – København Ringsted Trafikmodellen er ligeledes en avanceret trafikmodel, som blev udviklet til at vurdere nye jernbane forbindelse mellem København og Ringsted.

Trafikdata har hidtil været baseret på KRT udlagt på TOP10DK vejnet med en opsummering af trafikarbejdet på $1 \times 1 \text{ km}^2$ gitternet. Data er her inddelt i 5 vejtyper (motorveje, motortrafikveje, veje over 6 m, veje 3-6 m, og anden vej. Der er benyttet køretøjskategorierne: personbiler, varebiler og lastbiler. Den gennemsnitlige rejsehastighed er også beskrevet for hver vejtype. Trafikdata er nærmere beskrevet i *Jensen et al.* (2005).

Emissionen er baseret på OSPM's emissionsmodul. OSPM (Operational Street Pollution Model) er en gadeluftkvalitetsmodel udviklet på DMU (*Berkowicz et al.* 1997, 2000a, 2006). Emissionsudviklingen er også fremskrevet til 2010, hvilket bl.a. indebærer en stigende katalysatorandel for benzindrevne personbiler og som nævnt flere dieseldrevne personbiler. Andelen af lastbiler som i OSPM's emissions modul er Euro emissionsklasse stiger også bekostning af konventionelle lastbiler. De anvendte emissions faktorer er mere detaljeret beskrevet i afsnit 2.3.

3.2 Ekstrapolation af resultater fra HT til resten af landet

UBM beregninger er kun gennemført for HT-området, idet nødvendigt input data allerede eksisterer herfor. Det har derfor været nødvendigt at opstille en metode for ekstrapolation af disse resultater til resten af landet. En forudsætning er, at data som kan bruges til ekstrapolation, forefindes for resten af landet uden for HT-området. Der ønskes således en indikator for partikelemissionen, således at man opnår en god sammenhæng mellem indikatoren og reduktionen i $\text{PM}_{2.5}$ som følge af partikel-filtre på lette køretøjer.

Vi undersøgte først om der var en god sammenhæng mellem reduktionen i $\text{PM}_{2.5}$ som følge af partikelfiltre på lette køretøjer og befolkningstætheden på Danske Kvadratnet i HT-området. Data med befolkningstæthed eksisterer for resten af landet på Danske Kvadratnet. Der var en rimelig sammenhæng men også en meget stor spredning, som skyldes at befolkningstætheden ikke altid afspejler emissionstætheden f.eks. langs motorveje eller større veje gennem tyndt befolkede områder. Denne indikator blev derfor fravalgt.

Trafikarbejdet anvendes til at beregne emissionen, så trafikarbejdet er en god indikator. Imidlertid eksisterer der endnu kun meget detaljeret opgørelser over trafikarbejde for HT-området. Trafikarbejdet er trafikmængden (årsdøgntrafik) gange vejlængden (enhed vognkm).

I forbindelse med andre projekter har vi for hele Danmark udlagt trafik på vejnettet efter nogle metoder, som udjævner trafikken, og dermed ikke helt beskriver den variation, som faktisk er i trafikmængderne. Vi har således et datasæt med trafikarbejdet (årsdøgntrafik gange vejlængde) på Danske Kvadratnet $1 \times 1 \text{ km}^2$ fra 2000 for hele Danmark. Dette datasæt

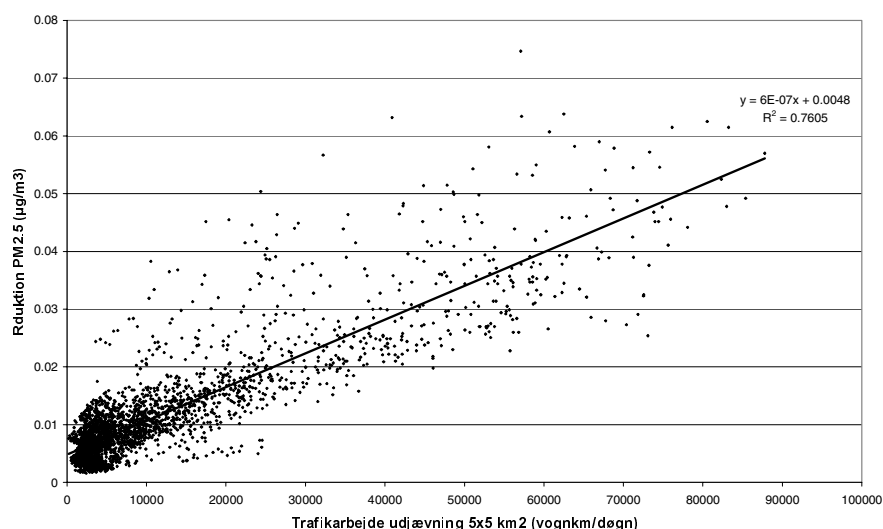
er tidligere dannet ud fra en kombineret "top-down" og "bottom-up" metode, som vi kalder udjævningsmetoden. For alle stats- og amtsvej (VIS datasæt) stammer trafikdata direkte fra Vejdirektoratet VIS database, hvilket først er lagt ind på vejnettet (TOP10DK). Efterfølgende fordeles resterende kendt trafikarbejde på amtsbasis på det geografiske vejnet ud fra skønnede fordelinger på vejtyper og land/by. Trafikarbejdet beregnes med disse forudsætninger og kalibreres med nye fordelinger indtil summen passer med amtstallet. Denne metode placerer trafikken på det geografiske vejnet, men lider af den svaghed at alle veje (f.eks. veje over 6 m) får den samme værdi inden for et amt (dog forskellig for by/land). Alle VIS veje optræder dog med rigtig trafikdata.

Nedenstående figur viser, at der er rimelig god sammenhæng mellem ændringer i $PM_{2.5}$ koncentrationen som følge af partikelscenariet i HT og det udjævnede trafikarbejde.

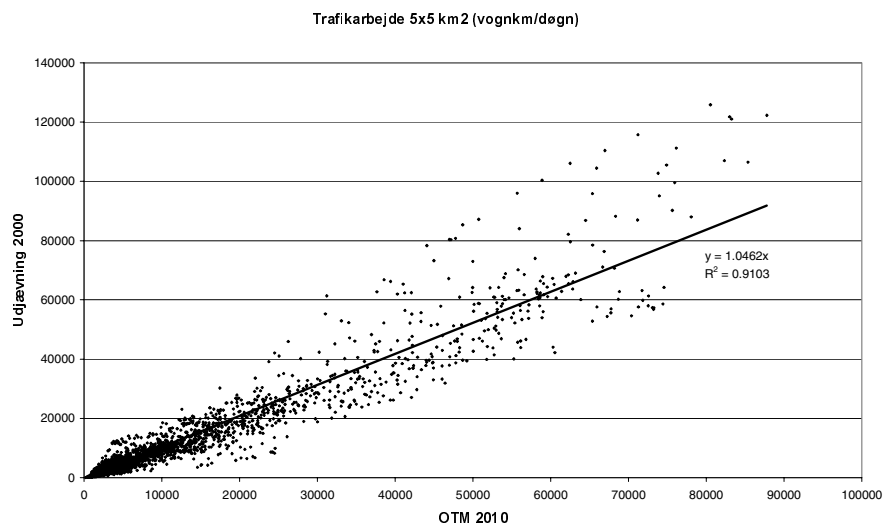
$PM_{2.5}$ koncentrationen på et givet sted er bestemt af partikelemissionen omkring dette, men således at de gitterceller som er tættest på bidrager mest. For at få en bedre indikator for emissionen er trafikarbejdet på $1 \times 1 \text{ km}^2$ på Danske Kvadratnet derfor udglattet. Denne udglatning giver for en given celle en gennemsnitsværdi for indregner tilstødende gitterceller inden for $5 \times 5 \text{ km}^2$ af cellen.

Nedenstående figur viser også at det udjævnede trafikarbejde har en god sammenhæng med modelleret trafikdata fra OTM/KRT i HT-området.

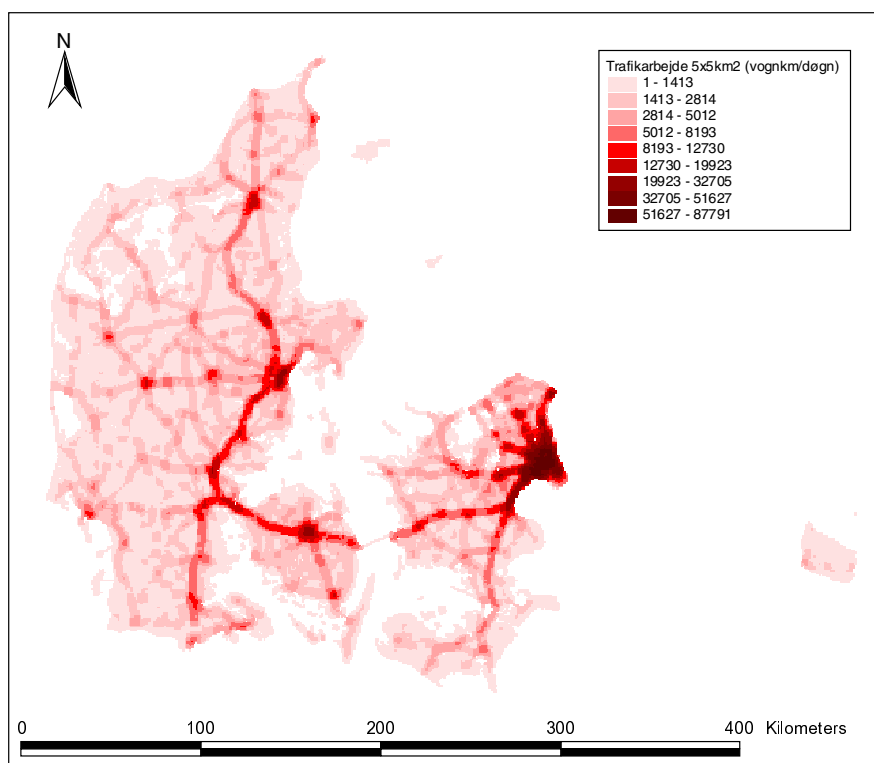
Figur 3.1. Sammenhæng mellem ændringer i $PM_{2.5}$ koncentrationen som følge af partikelscenariet og det udjævnede trafikarbejde i HT-området.



Figur 3.2 Sammenhæng mellem udjævnet trafikarbejde og modeleret trafikdata fra OTM/KRT i HT-området.



Figur 3.3 Udjævnet trafikarbejde udenfor HT-området, som anvendes til ekstrapolation af resultater fra HT-området til resten af landet.



Det udjævnede trafikarbejde udenfor HT-området anvendes derfor til at beregne ændringer i $PM_{2.5}$ som følge af partikelscenariet udenfor HT-området. I nedenstående figur er vist det trafikarbejde som ligger til grund herfor.

4 Validering af PM_{2.5} beregninger

I dette kapitel valideres de gennemførte PM_{2.5} beregninger for bybaggrund ved først at sammenligne bybaggrundsberegningerne udført med UBM modellen med målinger fra HC Ørsted Institutet i København. Endvidere forsøges de anvendte emissionsfaktorer yderligere valideret ved at sammenligne emissionens bidrag til gadekoncentrationerne på H.C. Andersens Boulevard med OSPM modellen.

4.1 Validering af UBM beregninger

For at vurdere kvaliteten af UBM modellen og det anvendte input data er der foretaget koncentrationsberegninger for den gittercelle som H.C. Ørsted Institutet ligger i, og disse resultater er sammenlignet med koncentrationsmålinger foretaget på taget af H.C. Ørsted Institutet, se Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sammenligning mellem beregnede koncentrationer for bybaggrund og målte årsmiddel for HC Ørsted Institutet i 2003 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Type	NO _x	NO _x	O ₃
Regional baggrund til UBM	11 [#]	9 [#]	61 [#]
Bybaggrund målt på HCOE	30	24	47
Bybaggrund (HCOE) beregnet med UBM	30	24	53

[#]målt på regional målestation Keldsnor (9055) i 2003

Det ses, at UBM modellen med det anvendte input data giver god overensstemmelse med målingerne for NO_x, NO₂, men overestimerer O₃ med omkring 13%. Der er derfor grund til at antage, at modellen også vil kunne give gode resultater for spredningen af partikelemissionen.

Målte PM_{2.5} og PM₁₀ niveauerne er næsten ens for regional baggrund og bybaggrund, idet der måles omkring 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM₁₀ og omkring 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{2.5} (Wåhlin & Palmgren 2004). Det vil sige, at trafikens bidrag til PM_{2.5} må være ret lille.

Modelberegningerne med UBM modellen viser ligeledes, at bybaggrundsbidraget er meget lille omkring 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dvs. at emissionen af partikler fra trafikken i København øger PM_{2.5} koncentrationen med omkring 5% ved H.C. Ørsted Institutet. Det regionale bidrag er derfor dominerende i forhold til bybaggrundsbidraget.

4.2 Validering af PM_{2.5} emissionsfaktorer

For yderligere at vurdere de anvendte emissionsfaktorer er der gennemført beregninger af gadekoncentrationer på H.C. Andersens Boulevard i

København med OSPM modellen. Gadebidraget er modelleret med OSPM modellen og sammenlignet med målte data. Gadebidraget er gadekoncentrationer på H.C. Andersens Boulevard fratrasket bybaggrund (på HC Ørsted Institutet). Med denne metode får man et direkte check af de anvendte emissionsfaktorer, idet bybaggrund så at sige er renset fra.

Nedenstående figur viser at der er rimelig sammenhæng mellem beregnede og målte døgnværdier, men også en vis spredning. Modellen rammer middel godt, men korrelationen er ikke perfekt. Grunden til dette er for det første, at gadebidraget for $PM_{2.5}$ er lille i forhold til baggrund, og derfor er der relativ stor usikkerhed på målingen af differensen. For det andet er H.C. Andersens Boulevard ikke en perfekt gadeslugt, hvor OSPM modellen har lidt svært ved at modellere bidrag, når vinden kommer fra Tivoli siden. Desuden kan der være hændelser aktuelt i gaden, som man ikke har forudset.

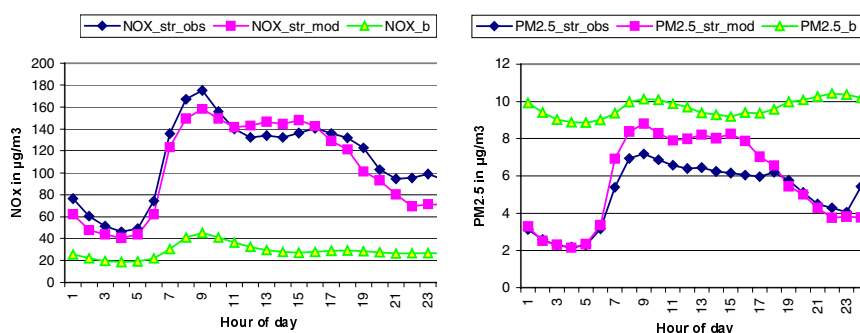
Validering af emissionsfaktorer for $PM_{2.5}$ er mere detaljeret beskrevet i *Palmgren et al. (2005)*.

Figur 4.1 Døgnværdier af $PM_{2.5}$ H.C. Andersens Boulevard i København i 2004. Gadebidrag modelleret med OSPM modellen vs. målt med TEOM ($\mu g/m^3$) (bybaggrund på HC Ørsted Institutet er trukket fra gadekoncentrationer på H.C. Andersens Boulevard).



Den gennemsnitlige døgnvariation er vist i nedenstående figur. Det ses, at den modellerede gennemsnitlige døgnvariation for NO_x passer fint med målinger, mens $PM_{2.5}$ overestimeres med 10-15%.

Figur 4.2. Venstre: døgnvariation for NO_x Højre: døgnvariation for $PM_{2.5}$ H.C. Andersens Boulevard i København i 2004. "obs" er målt gadebidrag, dvs. bybaggrund er trukket fra gadekoncentrationer. "mod" er tilsvarende modelleret gadebidrag og "b" er bybaggrundsbidraget.



5 Resultater

I dette kapitel beskrives resultaterne mht. emission, luftkvalitet og befolkningseksponering som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer. Endvidere sammenlignes hovedresultaterne med lignende undersøgelser, hvor partikelfiltre på tunge køretøjer er vurderet.

5.1 Effekten for emissionen i HT-området

Den samlede $PM_{2.5}$ emission i hele HT-området fordelt på de forskellige køretøjskategorier i referencesituationen i 2010 og i scenariet med fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer er vist i nedenstående figur 5.1.

Som det fremgik af den tidligere validering af emissionsfaktorer for $PM_{2.5}$ vurderes det at den samlede emission er overestimeret med omkring 10-15%. Usikkerhed er imidlertid væsentlig, når det gælder fordelingen mellem direkte emission og ikke-udstødning som fordelingen på de enkelte køretøjskategorier. Med disse forbehold i mente vurderes det, at de lette og tunge køretøjer hver står for omkring 50% af den direkte $PM_{2.5}$ emission. Den lette trafik står derimod for omkring 75% for ikke-udstødning, og den tunge trafik for 25%. Samlet står den lette trafik for knap 55% af den samlede emission og den tunge trafik for omkring 45%.

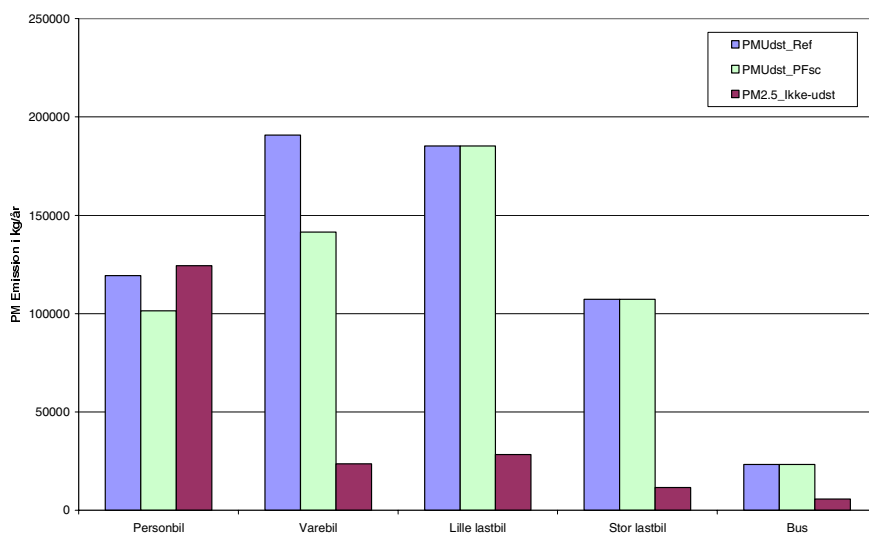
Den direkte $PM_{2.5}$ emission reduceres med 18% for personbiler og med 35% for varebilerne i gennemsnit for hele HT-området. Den samlede reduktion i direkte emission er imidlertid kun omkring 12% i forhold til hele trafikken, da direkte partikelemission ikke ændres for de tunge køretøjer.

Da ikke-udstødningsdelen er uændret er den samlede reduktion i $PM_{2.5}$ emissionen 8% for personbiler og 30% for varebiler. Grunden til at den procentvise reduktion er større for varebiler er, at varebiler har større direkte emission end personbiler, da dieselandelen er væsentlig højere.

Den samlede reduktion for både direkte udstødning og ikke-udstødning for alle køretøjer er 9% som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer.

Da partikelforureningen er afhængig af hastigheden samt køretøjsfordelingen mellem lette og køretøjer vil den procentvise reduktion variere fra område til område i HT-området.

Figur 5.1 Den samlede $PM_{2.5}$ emission i hele HT-området fordelt på de forskellige køretøjskategorier i referencesituationen i 2010 og i scenariet med fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer. Bemærk at ikke-udstødningsbidraget er ens for reference og scenarie, idet det alene er udstødningsbidraget som reduceres med partikelfiltre.

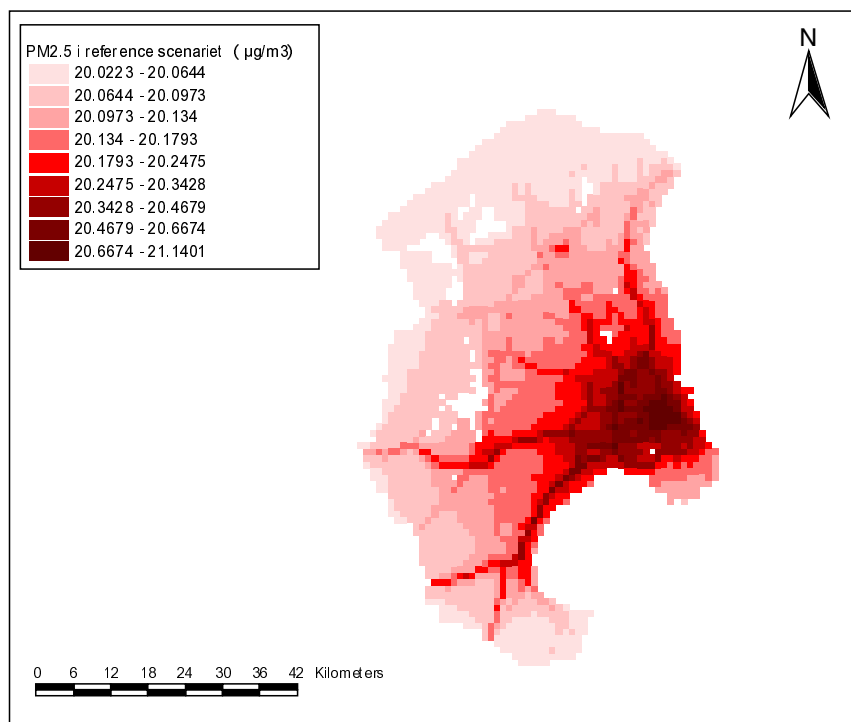


5.2 Effekten for $PM_{2.5}$ koncentrationen

$PM_{2.5}$ koncentrationerne beregnet med UBM modellen for HT-området er vist i nedenstående figur. Det ses, at trafikken bidrager med maksimalt $1,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dvs. med op til 6% set i forhold til det regionale niveau på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det ses endvidere at trafikens bidrag er størst langs de store transportkorridorer og i tætbefolkede byområder.

Figur 5.3 viser reduktionen i $PM_{2.5}$ koncentrationen pga. fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer. For HT-området er beregninger baseret på UBM modellen og for resten af Danmark er beregningerne baseret på den ekstrapolationsmetode, som blev præsenteret i kapitel 3.

Figur 5.2 Årsmiddelkoncentrationen for $PM_{2.5}$ på $1 \times 1 \text{ km}^2$ gitternet i HT-området beregnet med UBM modellen for referencesituationen i 2010. Det regionale niveau for $PM_{2.5}$ er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, så trafikens bidrag til bybaggrundskoncentrationerne er op til $1,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bemærk at resultaterne er angivet med flere decimaler end modelusikkerheden berettiger til.

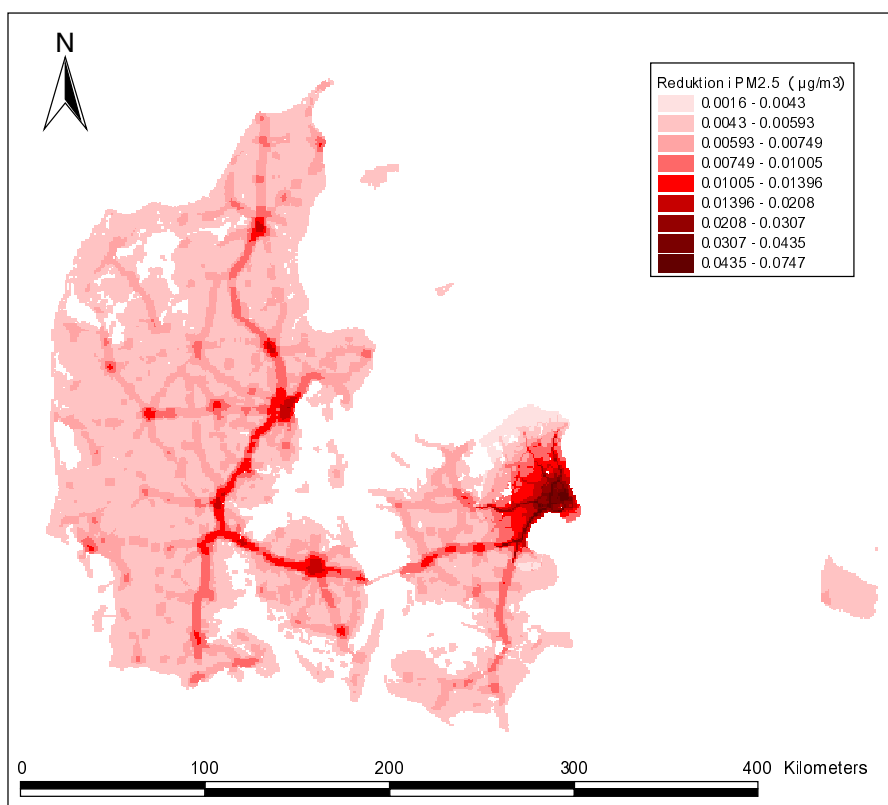


Det ses, at der er tale om marginale ændringer. Ændringerne er så små, at det ikke vil være muligt at måle forskellen i bybaggrund, idet målingerne ikke vil kunne gennemføres med en tilstrækkelig præcision til at detekterer forskellen.

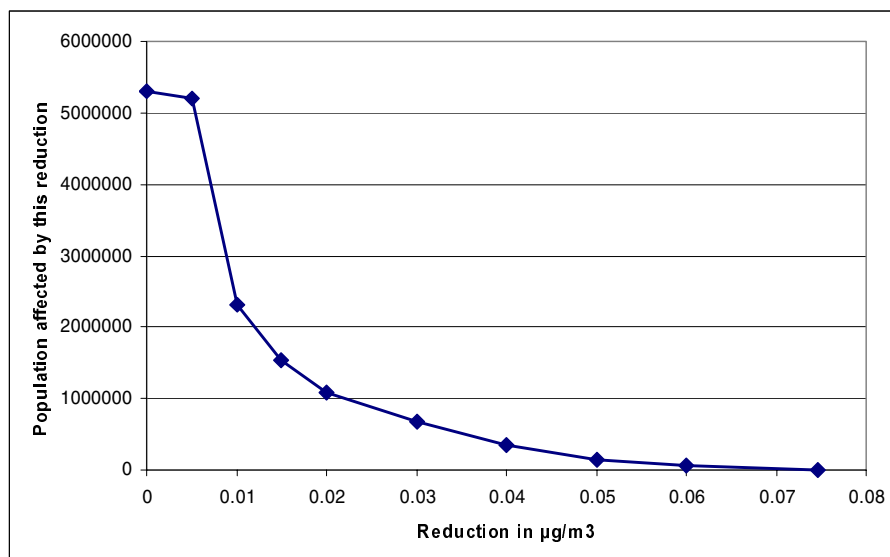
PM_{2.5} bybaggrunds niveau på H.C. Ørsted Institut i København er 20,74 µg/m³ i referencesituationen, hvoraf trafikens samlede bidrag er 0,74 µg/m³. Beregninger for H.C. Ørsted Institut i København viser en reduktion på 0,047 µg/m³ svarende til 6% i forhold til trafikens bidrag. Den største reduktion er 0,075 µg/m³ svarende til 10%. Denne reduktion i koncentrationerne svarer ganske godt til den gennemsnitlige emissionsreduktion, som er beregnet til omkring 9%.

Figur 5.4 viser sammenhængen mellem reduktionen i koncentrationen og antal af personer som er berørt af en bestemt reduktion. Den gennemsnitlige reduktion er 0.015 µg/m³.

Figur 5.3 Reduktionen i PM_{2.5} koncentrationen pga. fremskyn-delse af partikelfiltre på lette kø-retøjer. Bemærk at resultaterne er angivet med flere decimaler end modelusikkerheden berettiger til.



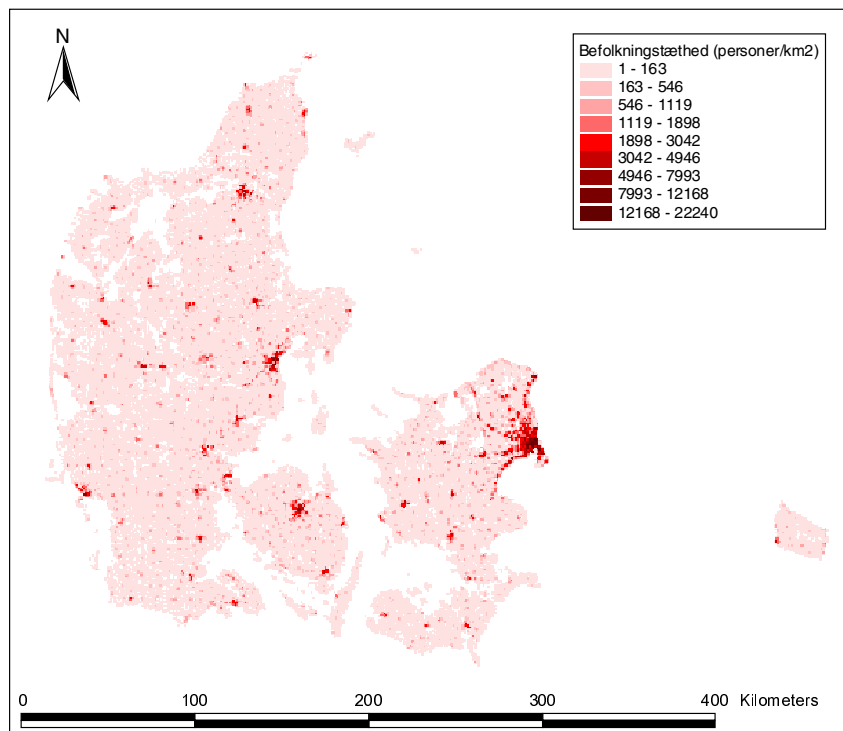
Figur 5.4 Sammenhæng mellem reduktionen i koncentrationen og antal af personer som er berørt af en bestemt reduktion. Den gennemsnitlige reduktion er 0.015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



5.3 Effekten på befolkningseksponeringen

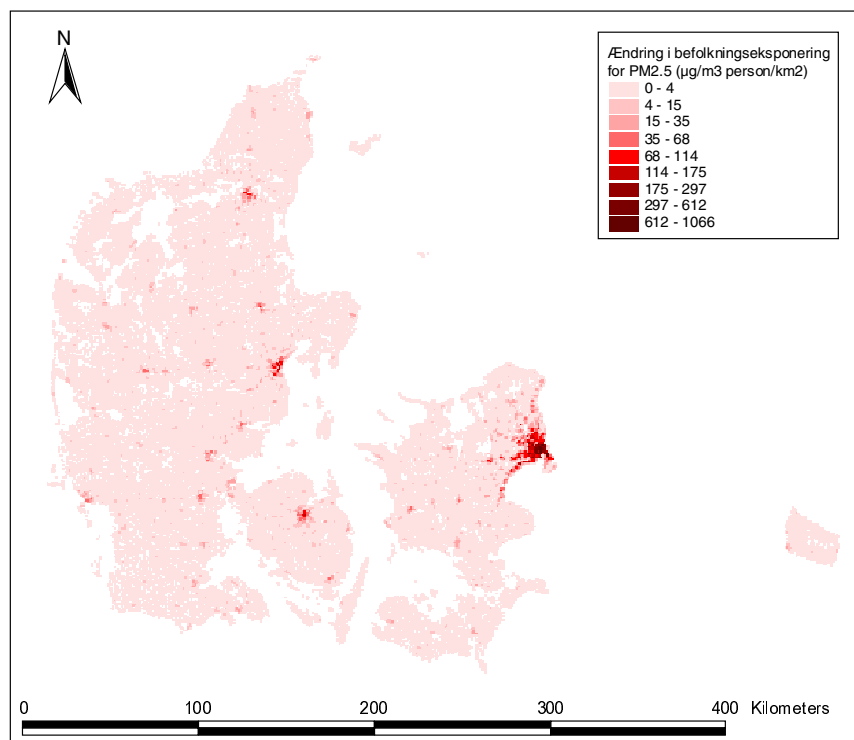
For at kunne beregne ændringer i befolkningseksponeringen er det nødvendigt at have information om befolkningstæthed. Figur 5.5 viser befolkningstætheden på et $1 \times 1 \text{ km}^2$ gitternet for hele Danmark.

Figur 5.5. Befolkningstætheden er vist på et $1 \times 1 \text{ km}^2$ gitternet for hele Danmark.



Ændringen i befolkningseksponeringen som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer er vist i nedenstående figur. Ændringen i befolkningseksponeringen er ændringen i $\text{PM}_{2.5}$ koncentrationen gange befolkningstætheden. Da der er sammenfald mellem høj befolkningstæthed og høj $\text{PM}_{2.5}$ koncentration i de tætte byområder er det også her at de største ændringer i befolkningseksponeringen forekommer.

Figur 5.6. Ændringen i befolkningseksponeringen som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer.



Anvendelse af resultaterne i samfundsøkonomisk analyse

I den samfundsøkonomiske analyse estimeres benefits og costs ved at fremskynde krav om partikelfiltre på lette køretøjer. Benefits er sparede dødsfald og sygelighed som kan opgøres ud fra ændringen i befolkningseksponeringen og eksponerings-respons sammenhænge mellem eksponering og sundhedseffekter samt enhedspriser på dødsfald og sygelighed. Costs er omkostningerne ved anskaffelse og drift af partikelfiltrene. Den samfundsøkonomiske analyse gennemføres af Institut for Miljøvurdering (2006).

Ovenstående ændring i befolkningseksponeringen er beregnet for fremskyndelse af partikelfilterkrav for lette køretøjer fra 2010 til 2007 dvs. med 3 år. Selve beregningen er gennemført for 2010, og afspejler derfor situationen i dette år. Gevinsten i årene fra 2007 til 2010 beregnes på følgende måde. I 2010 afspejler ændringen i befolkningseksponeringen ændringen i den procentvise stigning i antallet af partikelfiltre på lette køretøjer mellem 2007 og 2010. Ændringen i befolkningseksponeringen kan derfor for hvert af årene 2007, 2008 og 2009 beregnes proportionalt ved at den procentvise ændring i antallet af partikelfiltre sammenholdes med den procentvise ændring i 2010. Der vil ligeledes være en gevinst efter 2010. Denne gevinst vil være den samme hvert år. Størrelsen af gevinsten afhænger af bilernes levetid.

5.4 Sammenligning med tidligere undersøgelser

I dette afsnit foretages en sammenligning af resultaterne med tidligere undersøgelser. Tidligere undersøgelser har ikke vurderet effekten af partikelfiltre på lette køretøjer, men har set på effekten af partikelfiltre på tung trafik. Det gælder dels en undersøgelse af effekten af partikelfiltre

på lastbiler for den foreslåede miljøzone i København, samt et generelt krav om partikelfiltre på lastbiler og busser i hele Danmark. Resultatet af fremskyndelse af filtre på lette køretøjer er derfor relateret til resultaterne for scenarier, der er rettet mod den tunge trafik.

Effekten af montering af partikelfiltre på alle lastbiler i den foreslåede miljøzone i København er blevet undersøgt i det såkaldte partikelprojekt (Palmgren et al. 2005).

Den tunge trafik (busser og lastbiler) blev estimeret til at udgøre 7,8% af trafikken. For busser blev det forudsat, at disse var gasbusser eller allerede havde partikelfiltre. Miljøzonescenariet forudsatte derfor, at de 3,9% af trafikken, som var lastbiler i fremtiden skulle have partikelfiltre.

Reduktionen i den direkte $PM_{2.5}$ emission blev estimeret til 27%, hvilket er væsentligt højere end de 12%, som er en følge af fremskyndelse af filtre på lette køretøjer. Den samlede reduktion for både udstødning og ikke-udstødning var 22% for miljøzonescenariet mod 9% ved fremskyndelse af filtre på lette køretøjer. Grunden til at der opnås en større reduktion i miljøzonescenariet skyldes, at lastbiler har meget høje emissionsfaktorer i forhold til lette køretøjer, at alle lastbiler var omfattet af partikelfilterkrav, og at scenariet med partikelfiltre på lette køretøjer kun omfatter en mindre del af de lette køretøjer.

Miljøzonescenariet ville inden for selve zonen give en reduktion i koncentrationen på op til $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til op til 1,9% reduktion af $PM_{2.5}$ koncentrationen i bybaggrund. Den største ændring i scenariet med fremskyndelse af filtre på lette køretøjer er $0,075 \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til op til 0,4% reduktion af $PM_{2.5}$ koncentrationen i bybaggrund. Miljøzonescenariet er beregnet for 2003 og fremskyndelsesscenariet for 2010, og potentialet for reduktion af partikelemissionen er derfor forskelligt, da trafikens emission er faldende. Endvidere er forudsætningerne for det regionale niveau heller ikke helt ens.

Da miljøzonescenariet kun omfatter krav på lastbiler inden for selve miljøzonen er effekten også størst her, mens den er mindre uden for zonen. Modsat vil en fremskyndelse af filtre på lette køretøjer give en effekt i hele landet.

Færdselsstyrelsen har tidligere gennemført en vurdering af luftkvaliteten i et scenarium, hvor alle tunge køretøjer i Danmark fik montering partikelfiltre (Palmgren et al. 2001).

Denne konsekvensvurdering omfattede kun PM_{10} , og er derfor ikke direkte sammenlignelig med $PM_{2.5}$, idet ikke-udstødningsdelen er større for PM_{10} end for $PM_{2.5}$. Beregningerne blev gennemført for en emissions-situation, som svarer til 1999-2000.

Den dominerende trafikkilde til PM_{10} emission er lastbiler, der bidrager med knapt 40% af trafikens andel. Busser udgør kun omkring 10%. Benzindrevne biler bidrager med ca. 30% og varebiler med godt 20%. Den tunge trafik (lastbiler og busser) stod således for omkring 50% af den samlede PM_{10} emission (udstødning og ikke-udstødning), og den lette trafik (person- og varebiler) ligeledes for omkring 50%. Den tilsvarende fordeling i nærværende rapport er omkring 55% og 45% for hhv. lette og tunge køretøjer for $PM_{2.5}$.

I det centrale København blev det beregnet at trafikens bidrag til PM_{10} i bybaggrunden var omkring $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I nærværende rapport er bidraget beregnet til $0,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for $PM_{2,5}$. Det er forventeligt, at bidraget skal være mindre for $PM_{2,5}$ end for PM_{10} , da der er en mindre del af ikke-udstødning med i $PM_{2,5}$ end i PM_{10} . For det andet, er beregningsåret 2010, hvilket også vil betyde, at den direkte emission er mindre end for situationen i 1999-2000.

Reduktionen i PM_{10} koncentration blev beregnet til $0,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i det centrale København, som følge af at montere partikelfiltre på samtlige tunge køretøjer. Dette svarer til en reduktion på knap 2% i forhold til bybaggrundsforureningen. At reduktionen er så beskeden skyldes at en meget stor del af partikelforureningen er regional, d.v.s. fra hele Europa.

Den største ændring i scenariet med fremskyndelse af filtre på lette køretøjer er $0,075 \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til op til 0,4% reduktion af $PM_{2,5}$ koncentrationen i bybaggrund i København. Grunden til at reduktionen er væsentlig mindre i forhold til et scenarium med filtre på samtlige tunge trafik er, at fremskyndelsesscenariet kun omfatter filtre på en mindre del af de lette køretøjer. Endvidere er fremskyndelsesscenariet beregnet for 2010, hvor potentialet for reduktion af partikelemissionen er mindre, da trafikens emission er faldende. Endvidere er forudsætningerne for det regionale niveau heller ikke helt ens, hvilket påvirker de procentvise sammenligninger.

Referencer

Berkowicz, R., Hertel, O., Larsen, S.E., Sørensen, N.N., Nielsen, M. (1997): Modelling Traffic Pollution in Streets. Danmarks Miljøundersøgelser.

Berkowicz, R. (2000a): OSPM – a Parameterised Street Pollution Model. Environmental Monitoring and Assessment 65: 323-331, 2000.

Berkowicz, R. (2000b): A simple Model for Urban Background Pollution, Environmental Monitoring and Assessment, 65, 259-267

Berkowicz, R., Winter, M. and Ketzel, M. (2006): Traffic pollution modelling and emission data. Environmental Modelling & Software 21, In Press. (doi-Link: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.06.013>)

EU Commission (2005): A proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe. COM (2005) 447. Provisional version. 2005/0183 (COD).

Ntziachristos, L. and Zissis Samaras, Z. (2000) COPERT III, Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1). Technical reports No 49. European Environment Agency, Copenhagen.

Inst. for Miljøvurdering (2006): Partikelfiltre på lette dieseldrøjetøjer – en samfundsøkonomisk analyse af fremskyndelse af partikelfiltre. Rapport september 2006.

Jensen, S.S., Ketzel, M., Berkowicz, R., Palmgren, F., Høj, J. & Krawack, S. (2005): Virkemidler til overholdelse af NO₂ grænseværdier for luftkvalitet i København. Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Udført af Danmarks Miljøundersøgelser og TetraPlan. 98 s.

Palmgren, F., Wåhlin, P., Berkowicz, R., Hertel, O., Jensen, S.S., Loft, S. & Raaschou-Nielsen, O. (2001): Partikelfiltre på tunge drøjetøjer i Danmark . Luftkvalitets- og sundhedsvurdering. Danmarks Miljøundersøgelser . 94 s . - Faglig rapport fra DMU 358 (elektronisk) . – [www.dmu.dk/1 viden/2 Publikationer/3 fagrapporter/rapporter/FR358.pdf](http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR358.pdf)

Palmgren, P., Glasius, M., Wåhlin, P., Ketzel, M., Berkowicz, R., Jensen, S.S., Winther, M., Illerup, J.B., Andersen, M.S., Hertel, O., Vinzents, P., Møller, P., Sørensen, M., Knudsen, L.E. Schibye, B., Andersen, Z.J., Hermansen, M. Scheike, T., Stage, M., Bisgaard, H., Loft, S., Jensen, K.A., Kofoed-Sørensen, V., Clausen, P.A. (2005): Luftforurening med partikler i Danmark. Miljøprojekt 1021, 2005. p. 84.

Wåhlin, P. & Palmgren, F. 2004: Partikler i luften i København. Miljøkontrollen, Københavns Kommune. 24 s. Findes på: <http://www.miljoe.kk.dk/BECF2F82-BEE3-4444-8ABA-B367BC47C9E1>

Ørestadsselskabet (2002): Ørestadstrafikmodel (OTM). Folder med generel beskrivelse af Ørestadstrafikmodellen.

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.	På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.	Her kan du også finde en database over alle DMU's udgivelser fx videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 4000 Roskilde Tlf.: 4630 1200 Fax: 4630 1114	Direktion Personale- og Økonomisekretariat Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Systemanalyse Afdeling for Atmosfærisk Miljø Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi Afdeling for Arktisk Miljø
Danmarks Miljøundersøgelser Vejløsvej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf.: 8920 1400 Fax: 8920 1414	Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Terrestrisk Økologi Afdeling for Ferskvandsøkologi
Danmarks Miljøundersøgelser Grenåvej 14, Kalø 8410 Rønde Tlf.: 8920 1700 Fax: 8920 1514	Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Denne rapport vurderer konsekvenserne for emissionen og luftkvaliteten af PM_{2.5} (partikler under 2,5 mikrometer) ved en fremskyndelse af krav om partikelfiltre på person- og varebiler. Fremskyndelsesscenarioet består i at forudsætte, at alle nyregistrerede person- og varebiler fra 1/1-2007 til 31/12-2009 har partikelfiltre. Den samlede reduktion for både direkte udstødning og ikke-udstødning er 9% som følge af fremskyndelse af partikelfiltre på lette køretøjer. PM_{2.5} koncentrationen i bybaggrund på H.C. Ørsted Instituttet i København er beregnet til 20,7 µg/m³ i referencesituationen i 2010, hvoraf trafikens samlede bidrag er 0,7 µg/m³ dvs. at det regionale bidrag er 20 µg/m³. Beregninger for H.C. Ørsted Instituttet i København viser en reduktion på 0,047 µg/m³ svarende til 6% i forhold til trafikens bidrag som følge af fremskyndelse af partikelfiltre, men kun 0,2% i forhold til koncentrationen i bybaggrund. Den største reduktion er 0,075 µg/m³ svarende til 10% af trafikbidraget, og omkring 0,4% i forhold til koncentrationen i bybaggrund. Reduktionerne er endnu mindre uden for København.