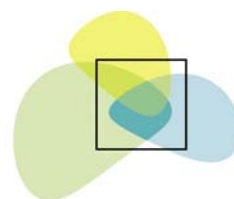




**SAMFUNDSØKONOMISK
VURDERING AF
PARTIKELFILTRE**

**EN COST/BENEFIT ANALYSE AF
PARTIKELFILTRE PÅ
DIESELKØRETØJER**

NOVEMBER 2002



INSTITUT FOR MILJØVURDERING
ENVIRONMENTAL ASSESSMENT INSTITUTE

Journal nr.: 2002-1308-001

ISBN.: 87-7992-006-3

Udarbejdet af : Thommy Larsen (projektansvarlig), Anders Kristoffersen, Henrik Thormod Andersen

Udgivet: 25/11-2002

Version: 2 (24/1-2003)

Rapporten udgives kun elektronisk.

©2002, Institut for Miljøvurdering

Henvendelse angående rapporten kan ske til:

Institut for Miljøvurdering

Linnésgade 18

1361 København K

Tlf.: 7226 5800

Fax: 7226 5839

E-MAIL: IMV@IMV.DK

WWW.IMV.DK

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	3
Baggrund.....	3
Metode	3
Resultater.....	6
Rapportens formål og struktur.....	10
Introduktion	11
Udenlandske undersøgelser af partikelforurening i luft.....	12
<i>Amerikanske undersøgelser</i>	<i>12</i>
<i>WHO's undersøgelse</i>	<i>13</i>
<i>Erfurt undersøgelsen.....</i>	<i>13</i>
<i>Hollandsk undersøgelse.....</i>	<i>14</i>
Partikelforurening i Danmark	14
Praktiske erfaringer med partikelfiltre i Danmark	17
Forsøget i Odense med tunge køretøjer.....	17
Forsøg med varebiler ved Post Danmark.....	19
Scenariebeskrivelse	20
Hvorfor ikke se på byzoner?	20
Begrundelse for udvælgelse af scenarier.....	21
Antagelser for eftermontering af filtre.....	23
Beregning af udgifter	25
Beregning af gevinster.....	26
Udgifter ved eftermontering af partikelfiltre	28
Indkøb af filtre	28
<i>Beskrivelse af markedet for partikelfiltre.....</i>	<i>28</i>
<i>Konkurrerende teknologi for partikelfiltre til tunge køretøjer</i>	<i>29</i>
<i>Sammenligning med prisudviklingen af oxidationskatalysatorer.....</i>	<i>31</i>
Serviceomkostninger	32
Førøget brændstofforbrug.....	32
Udgiftsberegninger.....	33
<i>Filterpriser for filtre til de tunge køretøjer.....</i>	<i>33</i>
<i>Filterpriser for filtre til varebiler og taxaer</i>	<i>33</i>
Gevinster ved eftermontering af partikelfiltre	38
Sundhedsmæssige konsekvenser	38
Værdisætning af dødelighed og sygdom	39
<i>Omkostningsbaseret værdisætning</i>	<i>40</i>
<i>Dødelighed værdisat efter omkostningsbaseret metode.....</i>	<i>40</i>
<i>Andre helbredseffekter end dødelighed værdisat efter omkostningsbaseret metode</i>	<i>41</i>
<i>Betalingsvillighed</i>	<i>42</i>
<i>Dødelighed værdisat efter betalingsvillighed.....</i>	<i>42</i>
<i>Andre helbredseffekter end dødelighed værdisat efter betalingsvillighed</i>	<i>43</i>
<i>Opsummering på værdisætning</i>	<i>43</i>
Beregninger af gevinster.....	45
Diskussion	47
Sammenligning af udgifter og gevinster ved eftermontering af partikelfiltre.....	47
<i>Tunge køretøjer.....</i>	<i>49</i>
<i>Varebiler.....</i>	<i>50</i>
<i>Taxaer.....</i>	<i>51</i>

Usikkerheder	53
<i>Usikkerheder på filtrenes prisudvikling.....</i>	<i>53</i>
<i>Følsomhedsanalyse på diskonteringsraten</i>	<i>54</i>
<i>Usikkerheder på levetiden af filtrene.....</i>	<i>54</i>
<i>Usikkerheder på serviceomkostninger</i>	<i>55</i>
<i>Usikkerheder forbundet med omkostninger ved forøget brændstofforbrug.....</i>	<i>56</i>
<i>Usikkerheder på sundhedskonsekvenser.....</i>	<i>56</i>
<i>Usikkerheder på værdisætning af sundhedskonsekvenser</i>	<i>58</i>
Konklusion.....	59
Appendiks A: Beregninger af taxaers bidrag	
til partikelforureningen	64
Emissioner fra personbiler i danske byer.....	64
Beregning af bidrag fra taxaer.....	64
Beregning af taxaernes bidrag	65

S A M M E N F A T N I N G

Baggrund

En række undersøgelser af de alvorlige sundhedsmæssige konsekvenser af partikelforurening i byerne har indenfor de sidste par år givet anledning til et øget pres på beslutningstagerne for at få reduceret udslippet af partikler. Den mest effektive løsning på problemet er at filtrere partiklerne væk fra dieselmotorernes udstødning ved hjælp af et partikelfilter. Det er i debatten blevet fremhævet, at denne løsning vil være meget dyr for samfundet. Der har imidlertid manglet en samlet samfundsøkonomisk vurdering af konsekvenserne.

Formålet med rapporten er at give en vurdering af om det er en samfundsøkonomisk god investering at eftermontere partikelfiltre på dieselmotorer, før nye EU-krav om påmontering af partikelfiltre på fabriksnye køretøjer får effekt. Det forventes at alle nye tunge dieselmotorer er påmonteret partikelfiltre fra slutningen af 2006, men da de nye emissionskrav ikke er så restriktive for varebiler og taxaer, forventes det ikke at disse køretøjer fra fabrikken er påmonteret partikelfiltre før nogle år efter ikrafttrædelsen af EU-kravene.

Metode

Analysen i denne rapport tager udgangspunkt i cost/benefit metoden. Der er medtaget tre køretøjskategorier: Tunge køretøjer (over 3.500 kg.), varebiler og taxaer. Debatten har hidtil mest handlet om de tunge køretøjer, men varebiler er interessante pga. deres betydelige andel af partikelemissionen i byområder. Begrundelsen for at medtage taxaerne er, at en meget stor del af deres trafikarbejde udføres i byer, og det er her, at flest mennesker udsættes for den skadelige påvirkning

Udgifter til indkøb af partikelfiltre er dominerende for omkostningerne. Det må anses som realistisk, at prisen på partikelfiltre vil falde, hvis produktionen mangedobles, som følge af en politisk beslutning om filtre på udvalgte dieselmotorer. I analysen er det således antaget, at prisen på filtre til tunge køretøjer vil falde fra den nuværende pris på 40.000 kr. til 12.000 kr. Tilsvarende antages prisen at falde fra 15.000 kr. til 8.000 kr. på filtre til varebiler og taxaer. Udover indkøbsomkostningerne medtages også serviceomkostninger og forøget brændstofforbrug og de nødvendige ekstramonteringer af filtre.

Der opstilles i analysen et scenarie, hvor eftermonteringen af filtre på eksisterende køretøjer antages at kunne begynde i 2004 og vil løbe over 1 år for tunge køretøjer og taxaer, men 4 år for varebiler grundet deres store antal.

Ved at påmontere filtre på dieselkøretøjer forventes færre sygdomstilfælde og dødsfald forårsaget af partikler. Beregningerne bygger på eksisterende undersøgelser af forholdet mellem sundhedseffekter og partikelkoncentration baseret på masse målet PM_{10} . I sundhedsvidenskabelige kredse er den dominerede vurdering dog, at det er de ultrafine partikler, der er de mest skadelige. Mængden af disse meget små partikler måles meget dårligt med masse målet PM_{10} , fordi de større, og dermed tungere partikler, dominerer masse målet. Men der findes ikke tilstrækkelige undersøgelser til at kunne kvantificere den direkte sammenhæng mellem koncentrationen af ultrafine partikler og sundhedseffekter. En ny dansk artikel har dog givet et øvre estimat på sundhedseffekterne af ultrafine partikler fra trafikken. På baggrund af usikkerhederne omkring sundhedseffekternes størrelse, benyttes der i denne rapport nedre og øvre grænser, som vist i Tabel 1. De nedre grænser er baseret på PM_{10} -undersøgelserne og den øvre grænse sat ud fra en antagelse af, at alle sundhedseffekter kan tilskrives ultrafine partikler.

TABEL 1. DE ANVENDTE ØVRE OG NEDRE GRÆNSER FOR SUNDHEDSEFFEKTERNE AF PARTIKELFORURENING I DANMARK PR. ÅR VED PÅMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ DE TRE KØRETØJSKATEGORIER.

<i>Helbredseffekter/ Antal undgåede tilfælde</i>	<i>Tunge køretøjer</i>	<i>Varebiler</i>	<i>Taxaer</i>
Dødelighed	22 - 1.274	13 - 759	0 - 27
Indlæggelser, kredsløbssygdomme	14 - 817	8 - 487	0 - 17
Indlæggelser, luftvejssygdomme	10 - 559	6 - 333	0 - 12
Kronisk bronkitis	21 - 1.258	13 - 749	0 - 27
Akut bronkitis	76 - 4.366	45 - 2.601	2 - 93
Dage med begrænset aktivitet	11.874 - 684.100	7.133 - 407.549	255 - 14.555
Astmaanfald (>15 år)	922 - 53.095	774 - 31.631	28 - 1.130
Astmaanfald (<15 år)	122 - 7.037	104 - 4.192	4 - 150

Det reducerede antal skadelige helbredseffekter er værdisat ved brug af to forskellige metoder: Dels en ren omkostningsbaseret, og dels en metode baseret på

betalingsvillighed (Tabel 2). Omkostningsbaseret værdisætning dækker de udgifter, som samfundet påføres, f.eks. når mennesker under sygdom hospitalindlægges og mister arbejdsevnen. Den anden metode er baseret på betalingsvillighed, og den forsøger at estimere alle samfundsmæssige konsekvenser af sygdom og for tidlig død, herunder også den individuelle oplevelse af svie og smerte. Der er taget højde for, at de mennesker der dør af partikelforurening er mellem 75 og 85 år. De to metoder giver et stort spænd i værdien af de undgåede tilfælde af helbredseffekter, herunder for tidlig dødsfald. Da der er usikkerheder forbundet med samfundsøkonomisk værdisætning, er det imidlertid vurderet, at det er mest rimeligt at fremlægge begge metoder til at indkredse de samfundsøkonomiske helbredseffekter.

Omkostningsbaseret værdisætning ser bort fra al velfærdstab ved sygdom og død som følge af luftforurening. Metoden dækker givetvis kun en begrænset del af samfundets velfærdstab, hvorfor betalingsvilligheds-studiet tillægges større betydning i denne rapport end de omkostningsbaserede estimater.

TABEL 2. DE TO VÆRDISÆTNINGSMETODER, DER ANVENDES I DENNE RAPPORT. TALLENE FOR DEN OMKOSTNINGSBASEREDE VÆRDISÆTNING ER FRA (FÆRDELSSTYRELSEN 2001). FOR BETALINGSVILLIGHED KOMMER TALLENE FRA WHO-RAPPORTEN (SEETHALER 1999). ALLE VÆRDIERNE ER OPGIVET I 2000-PRISER.

<i>Helbredseffekter/ Værdi af undgåede tilfælde</i>	<i>Omkostningsbaseret (1.000 kr.)</i>	<i>Betalingsvillighed (1.000 kr.)</i>
Dødelighed	1.500	7.409
Indlæggelser, kredsløbssygdomme	50	65
Indlæggelser, luftvejssygdomme	50	65
Kronisk bronkitis	350	1.721
Akut bronkitis	0,6	1,08
Dage med begrænset aktivitet	0,6	0,78
Astmaanfald	0,1	0,25

Resultater

For hver af de tre køretøjskategorier er målet at finde det samfundsmæssige resultat ved at påsætte partikelfiltre, dvs. de sundhedsmæssige fordele minus omkostningerne ved filtrene. På grund af usikkerheden om både sundhedseffekter og omkostningsberegninger giver det fire værdier: Det lave skøn for værdisat ved brug af hhv. omkostningsmetode og betalingsvillighed og det høje skøn værdisat med de samme to metoder. Herfra trækkes udgifterne til indkøb af filtre, serviceomkostninger, samt forøget brændstofforbrug. Resultaterne ses i tabellen herunder:

TABEL 3 SAMFUNDSØKONOMISK NETTOGEVINST VED PÅMONTERING AF PARTIKELFILTRE. DISKONTERINGSRATE 3%.

	<i>Lavt skøn (baseret på PM₁₀) / mio. kr.</i>	<i>Højt skøn (baseret på ultrafine partikler) / mio. kr.</i>
Tunge køretøjer		
Omkostningsbaseret	-2.946	16.724
Betalingsvillighed	-1.809	83.042
Varebiler		
Omkostningsbaseret	-6.110	5.096
Betalingsvillighed	-5.462	42.879
Taxaer		
Omkostningsbaseret	-169	95
Betalingsvillighed	-154	988

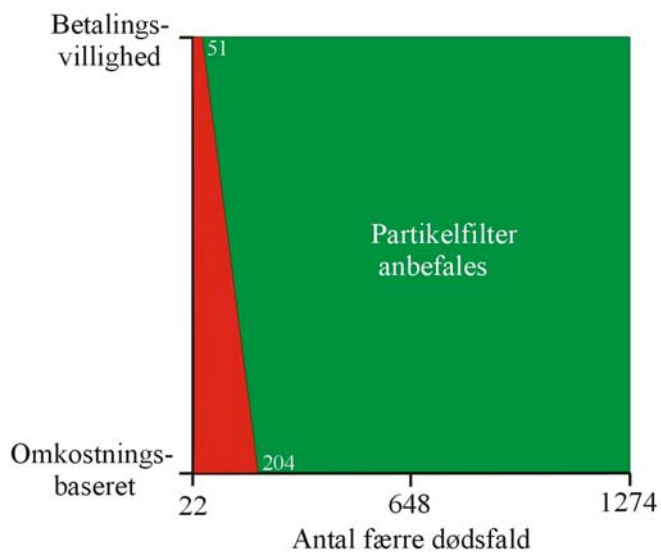
Nyere undersøgelser fra Tyskland kæder akut dødelighed sammen med ultrafine partikler. En hollandsk undersøgelse viser samme resultat. Det synes at indikere, at gevinsten ved påmontering af partikelfiltre ligger nærmere de høje skøn end de lave i tabellen ovenfor.

Resultaterne i tabellen ovenfor skal ses i lyset af disse betragtninger. Tabellen viser, at potentialet for at opnå samfundsmæssige fordele er størst for de tunge køretøjers vedkommende. En sammenligning mellem Figur 1, Figur 2 og Figur 3 viser dette

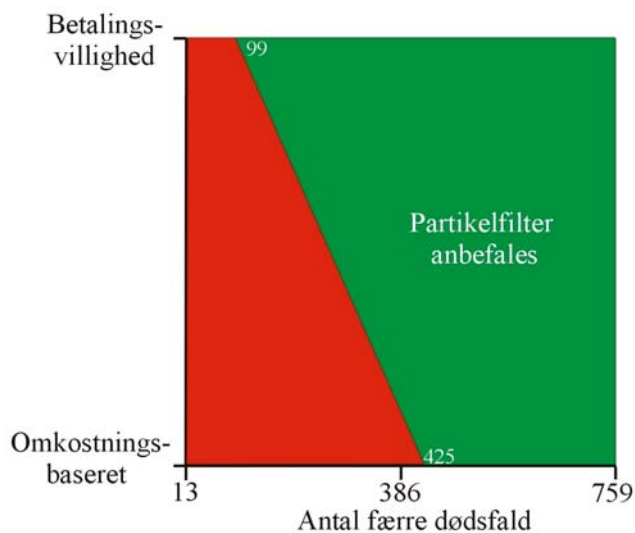
tydeligere. I figurene er det vist, hvor mange færre dødsfald, man skal tilskrive partikelforurening, for at gevinsterne ved montering af filtre overstiger udgifterne. Det grønne (lyse) område angiver, at gevinsterne er større end udgifterne.

For tunge køretøjer ses det, at selv et forholdsvis begrænset antal færre dødsfald som følge af påmontering af partikelfiltre vil give et positivt resultat. Dette gælder også for den rene omkostningsbaserede metode, hvor skillelinien ligger ved 200 dødsfald. Det er specielt interessant, da det jf. ovenstående diskussion må forventes, at sundhedseffekterne ligger nærmere det øvre skøn.

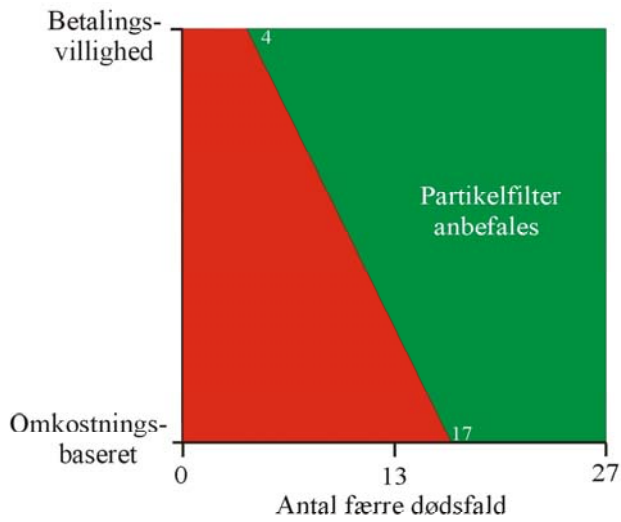
Anderledes er det for taxaer og varebiler. Af Figur 2 og Figur 3 fremgår det, at det vil være en mere tvivlsom investering at eftermontere partikelfiltre på disse køretøjer. For varebilernes vedkommende er de sparede sundhedseffekter muligvis også store, men da antallet af varebiler er meget stort, bliver investeringen tilsvarende stor. Der er betydelig usikkerhed forbundet med opgørelsen af de sundhedsmæssige gevinster ved eftermontering af partikelfiltre på taxaer. Der findes ikke en specifik opgørelse over partikelemissionen fra taxaer, og estimerne i denne rapport bygger derfor på skønnede beregninger (som angivet i Appendiks A).



FIGUR 1. ILLUSTRATION AF HVORNÅR DET GIVER EN SAMFUNDSØKONOMISK GEVINST AT EFTERMONTERE PARTIKELFILTRE PÅ TUNGE KØRETØJER. DEN LODRETTE AKSE VISER PRISSÆTNINGEN AF SUNDHEDSSKADER, FRA EN REN OMKOSTNINGSBASERET NEDERST TIL REN BETALINGSVILLIGHED ØVERST. DET RØDE (MØRKE) OMRÅDE ANGIVER KOMBINATIONERNE AF PRISSÆTNING OG ANTAL UNDgåEDE DØDSFALD, HVOR FORDELENE IKKE KAN OPVEJE INVESTERINGEN I PARTIKELFILTRE. DET GRØNNE (LYSE) OMRÅDE VISER, HVORNÅR GEVINSTERNE OVERSTIGER UDGIFTERNE. EN REN OMKOSTNINGSBASERET VÆRDISÆTNING GIVER SÅLEDES STØRRE GEVINSTER END UDGIFTER, HVIS EFTERMONTERINGERNE MEDFØRER MERE END 204 FÆRRE DØDSFALD PR. ÅR. FOR REN BETALINGSVILLIGHED ER DET TILSVARENDE TAL 51 FÆRRE DØDSFALD.



FIGUR 2. ILLUSTRATION AF HVORNÅR EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ VAREBILER GIVER EN SAMFUNDSØKONOMISK GEVINST. BETYDNINGEN AF FIGUREN ER SOM I FIGUR 1. ANTAL FÆRRE DØDSFALD VED EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE SKAL VÆRE STØRRE END 425 FØR EN REN OMKOSTNINGSBASERET VÆRDISÆTNING GIVER STØRRE GEVINSTER END UDGIFTER. FOR BETALINGSVILLIGHED ER DET TILSVARENDE TAL 99 FÆRRE DØDSFALD.



FIGUR 3. ILLUSTRATION AF HVORNÅR EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ TAXAER GIVER EN SAMFUNDSØKONOMISK GEVINST. ANTAL FÆRRE DØDSFALD VED EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ TAXAER SKAL VÆRE STØRRE END 17 FØR EN REN OMKOSTNINGSBASERET VÆRDISÆTNING GIVER STØRRE GEVINSTER END UDGIFTER. FOR BETALINGSVILLIGHED ER DET TILSVARENDE TAL 4 FÆRRE DØDSFALD.

R A P P O R T E N S F O R M Å L O G S T R U K T U R .

Denne rapport har til formål udfra kendte helbredseffekter og deres omkostninger at vurdere, om det er samfundsmæssigt attraktivt at eftermontere partikelfiltre på udvalgte dieseldrevne køretøjer, indtil de omfattes Euro-4 bestemmelserne. Disse EU-krav, som træder i kraft fra 2006/2007, sætter grænser for emissionen af partikler fra dieselmotorer. Rapporten tager udgangspunkt i tidligere undersøgelser fra fagvidenskaben i et forsøg på at anskueliggøre omfanget af de samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster. Til forskel fra tidligere analyser, begrænser denne rapport sig ikke til kun at behandle tunge køretøjer, men inkluderer også varebiler og taxaer.

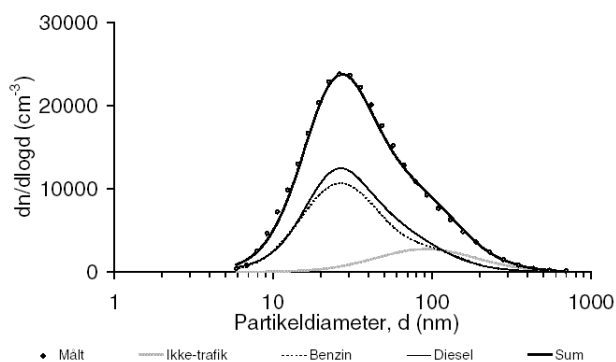
En del af debatten omkring partikelforurening har drejet sig om indførelsen af miljøzoner i større danske byer. Der er valgt ikke at se på miljøzoner i denne rapport, men derimod at analysere omkostninger og gevinster med henblik på en landsdækkende løsning på problemet.

Rapporten har følgende struktur: I "Introduktion" gives der en generel introduktion til partikler og sundhed, hvorefter kapitlet "Praktiske erfaringer med partikelfiltre i Danmark" beskriver partikelfiltre, deres virkemåde og teknologiske stade. Kapitlerne derefter beskriver de beregninger, der er udført på eftermontering af partikelfiltre. Kapitlet "**Scenariebeskrivelse**" indeholder en beskrivelse af beregningerne, og deres forudsætninger. På udgiftssiden er det især filtrenes indkøbspris, der er interessant. Dette er beskrevet i kapitlet "**Udgifter ved eftermontering af partikelfiltre**". De samfundsøkonomiske gevinster, der fremkommer som følge af færre helbredseffekter, er opgjort i kapitlet "**Gevinster ved eftermontering af partikelfiltre**". Endelig konkluderes i "Diskussion", herunder vurderes usikkerheder og deres indvirkning på resultaterne.

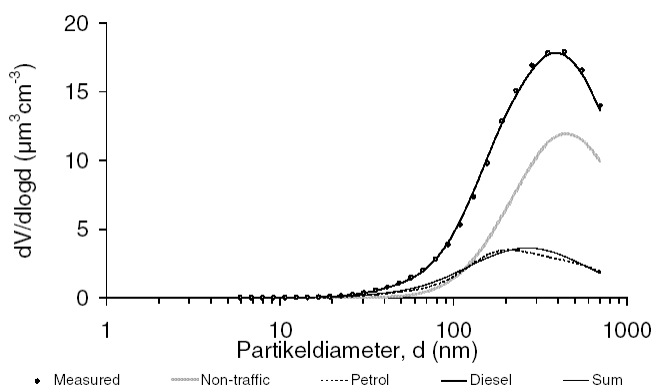
INTRODUKTION

Eftermontering af partikelfiltre på dieseldrevne køretøjer har været genstand for en del opmærksomhed og debat blandt fagfolk. Grundet de store perspektiver har pressen også behandlet sagen. Myndighederne har fokus på luftforurening, hvilket har resulteret i bestemte EU-normer for forskellige kategorier af køretøjer (Færdselsstyrelsen 2001).

Partikler, der stammer fra trafikken, kan variere i både størrelse og antal. Partiklerne inddeles efter aerodynamisk diameter i tre kategorier: Grove partikler ($>2,5 \mu\text{m}$), fine partikler, $\text{PM}_{2,5}$ ($<2,5 \mu\text{m}$) og ultrafine partikler ($<0,1 \mu\text{m}$) (Vrang et al. 2002).



FIGUR 4. DEN GENNEMSITLIGE STØRRELSESFORDELING AF PARTIKLER PÅ JAGTVEJ I PERIODEN JANUAR-MARTS 2000. KONCENTRATIONERNE ER ANGIVET SOM ANTAL PARTIKLER PR. KUBIKCENTIMETER PR. STØRRELSSEDEKADE. DE BEREGNEDE BIDRAG FRA TRAFIKKEN OG FRA ANDRE KILDER (LANGTRANSPORT) ER OGSÅ VIST (PALMGREN ET AL. 2001).



FIGUR 5. ANTAL PARTIKLER ER OMREGNET TIL PARTIKELVOLUMEN VED MULTIPLIKATION MED $(\pi/6)D^3$ (RUMFANGET AF EN KUGLEFORMET PARTIKEL) (PALMGREN ET AL. 2001).

Partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 10 µm kan opsamles fra luften og måles som en masse, der benævnes PM₁₀ (Vrang et al. 2002). Da PM₁₀ er massebaseret, vil de forholdsvis store partikler vægte langt højere end de små ultrafine partikler. Dette er illustreret i Figur 4, der viser fordelingen af partikler efter antal, og i Figur 5 der viser fordelingen efter volumen. De undersøgelser, der hidtil er blevet lavet i USA og Europa til beskrivelse af sammenhænge mellem partikler og helbredseffekter har været baseret på PM₁₀ og PM_{2,5} (Palmgren et al. 2001). Det har dog allerede siden 1995 været postuleret, at det ikke er de forholdsvis ”store og tunge” partikler der forårsager de negative helbredseffekter, men snarere de ultrafine partikler (Seaton et al. 1995). Overfladen i det øvre humane luftvejssystem beklædes særlig af slimudskillende overfladeceller, der er udstyrede med en synkront bevægende og hårlignende overflade. Partikler i den indåndede luft klæber sig til slim-overfladen, herefter transporteres de ved hjælp af den særlige overflademekanisme til svælget, hvor partiklerne overføres til fordøjelsessystemet (Vander et al. 1994). Hypotesen er, at de ultrafine partikler er i stand til at undvige luftvejssystemets ”filter” og trænge helt ud i det yderste af lungerne – også benævnt alveolerne (Seaton et al. 1995). Det er ved de meget tynde og skrøbelige alveole-vægge at stofudveksling mellem luft og blodbane finder sted (Vander et al. 1994). Ultrafine partikler mistænkes således for (udover at forårsage effekter på åndedrætssystemet) også at kunne give anledning til uhensigtsmæssig koagulering (størkning) af blod med effekter på hjerte/kar-systemet til følge (Seaton et al. 1995).

Udenlandske undersøgelser af partikelforurening i luft

Amerikanske undersøgelser

De to mest kendte langtidsstudier af partiklers indvirkning på mennesker stammer fra USA, hvor hhv. ca. 8.000 og 550.000 mennesker blev fulgt over tid og deres data statistisk undersøgt. Undersøgelserne påviste en direkte sammenhæng mellem PM_{2,5}/PM₁₀ og dødelighed som følge af lungekræft og hjertekarsygdomme, efter at man havde korrigeret for alder, race, køn, vægt, rygevaner og uddannelseslængde (Dockery et al. 1993; Pope et al. 1995). Den seneste opdatering af den amerikanske undersøgelse, der omfatter 550.000 personer, blev offentliggjort i foråret 2002. Resultaterne viste, at for hver gang langtidseksponeringen af partikler øges med 10 µg/m³, vil det være forbundet med en overdødelighed på 6%, 9% og 14% for henholdsvis generelle-, hjerte/kar- og lungekræftstilfælde (Pope et al. 2002). De amerikanske undersøgelser forholder sig dog kun til det generelle partikelniveau i luften og ikke bidrag fra specifikke kilder såsom trafik.

WHO's undersøgelse

WHO har i et langtidseffekt-studie undersøgt sundhedsmkostningerne i relation til trafikskabt PM₁₀ forurening. WHO-rapporten bygger på undersøgelser i Frankrig, Schweiz og Østrig og beregningerne viser, at trafikskabt partikelforurening forårsager et betydeligt antal negative helbredseffekter (Tabel 4).

TABEL 4. HELBREDEEFFEKTER I ØSTRIG, FRANKRIG OG SCHWEIZ SOM FØLGE AF TRAFIKSKABT PM₁₀ LUFTFORURENING. TALLENE SKAL SES I FORHOLD TIL DET SAMLEDE INDBYGGERANTAL I DE TRE LANDE PÅ 73,4 MIO. (SEETHALER 1999).

<i>Helbredseffekt</i>	<i>Aldersgruppe</i>	<i>Antal tilfælde pr. år</i>
Dødelighed	>30	21.802
Indlæggelser, kredsløbssygdomme	Alle	15.467
Indlæggelser, luftvejssygdomme	Alle	9.838
Kronisk bronkitis	>25	25.340
Bronkitis	<15	295.149
Dage med begrænset aktivitet	>20	16.481.525
Astma anfald	<15	162.494
Astma anfald	>15	394.742

Erfurt undersøgelsen

I et korttidsstudie fra Erfurt har man for første gang kvantitativt vurderet effekten af ultrafine partikler på dødeligheden. Undersøgelsen fandt, at en 60% reduktion af ultrafine partikler vil give en total reduktion i dødelighed på ca. 4,6% efter 4 dage (Wichmann et al. 2000). Danske forskere har forsøgt at overføre resultaterne fra studiet i Erfurt til Danmark, og estimerer på denne baggrund, at 400 mennesker årligt dør for tidligt som følge af forurening fra ultrafine partikler fra de tunge køretøjer (Palmgren et

al. 2002). I undersøgelsen anføres det, at estimatet er behæftet med meget stor usikkerhed, og at tallet således kan ligge mellem 0 og 800 (Palmgren et al. 2002).

Hollandsk undersøgelse

En ny hollandsk undersøgelse af sammenhængen mellem dødelighed og langtidseksponering for sod behandler for første gang effekten af at bo tæt på en hovedvej. Undersøgelsen inkluderer 5.000 mennesker, med data fra årene 1986 til 1994. Undersøgelsen viser, at risikoen for at dø af hjerte/kar sygdomme er næsten fordoblet, hvis man bor tæt på en hovedvej (Hoek et al. 2002).¹ Der er ikke foretaget direkte partikeltællinger i undersøgelsen, men da ultrafine partikler i højere grad bidrager til den lokale partikelkoncentration end til baggrundskoncentrationen, underbygger resultatet formodningen om at ultrafine partikler er mere helbredsskadelige end fine partikler. Det indikerer, at epidemiologiske undersøgelser, der bygger på baggrundskoncentrationer (såsom de amerikanske nævnt ovenfor), generelt undervurderer de egentlige helbreds effekter.

Partikelforurening i Danmark

Baggrundskoncentrationen af partikler i byerne anvendes til at beskrive omfanget af befolkningens eksponering for partikler i luften. I Danmark er trafikens bidrag fra dieseldrevne køretøjer til partikelforureningen i byerne blevet undersøgt, og følgerne på sundheden er blevet estimeret (Palmgren et al. 2001). For at overføre resultaterne af de amerikanske undersøgelser til danske forhold, har man været nødsaget til at bruge de danske partikelmålinger, der måler bybaggrundskoncentrationen (f.eks. på taget af H.C. Ørstedes Institut i København), og ikke de koncentrationer på gadeplan, som faktisk påvirker befolkningen. Effekten fra trafikken kan derfor være undervurderet. Trafikkens bidrag til bybaggrundskoncentrationen i København fra de enkelte køretøjstyper er gengivet i Tabel 5. Som det kan ses, bidrager den tunge trafik mest til trafikens andel af bybaggrundskoncentrationen i København.

¹ UNDERSØGELSEN TAGER HØJDE FOR FORSKELLIGE SOCIOØKONOMISKE FORHOLD, RYGESTATUS MV.

TABEL 5. DE ENKELTE KØRETØJSTYPER S ANDEL I TRAFIKKENS BIDRAG TIL PM_{10} I BYBAGGRUNDEN I KØBENHAVN (PALMGREN ET AL. 2001). DER ER INKLUDERET BIDRAG FRA SÅVEL DIESEL SOM BENZINKØRETØJER, MEN KUN FOR PERSONBILERNE ER ER BIDRAGET FRA BENZINKØRETØJER VÆSENTLIGT. VÆRDIERNE ER AFRUNDEDE, OG BUSSE OG LASTBILER ER SLÅET SAMMEN UNDER KATEGORIEN TUNGE KØRETØJER.

Køretøjstype	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} -bybaggrund (Kbh.)
Personbiler	0,24	25 %
Varebiler	0,28	28 % ²
Tunge køretøjer ³	0,46	47 %

Danmarks Miljøundersøgelser (Palmgren et al. 2001) har estimeret befolkningens eksponering for PM_{10} -partikler med og uden partikelfiltre på tunge køretøjer som gengivet nedenfor:

TABEL 6. BEFOLKNINGSVÆGTET PM_{10} ÅRSNIVEAU FOR FORSKELLIGE SCENARIER (PALMGREN ET AL. 2001). EN FILTEREFFEKTIVITET PÅ 80 % ER ANTAGET.

Befolkning	Indbygger (%)	Referenceår (2000) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Partikelfiltre på tunge køretøjer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁴
By	69	22,38	22,24
Land	31	22,00	22,00
I alt	100	22,26	22,17

Trods den meget beskedne ændring som partikelfiltre har på PM_{10} -størrelsen, kan der være store ændringer i antallet af ultrafine partikler, idet de ikke indgår med særlig stor vægt i PM_{10} (jvf. Figur 4 og Figur 5). Som det ses i Tabel 6 reduceres PM_{10} årsniveauet ikke på landet ved påsætning af partikelfiltre. Dette bygger ikke på beregninger, men på en antagelse, da det ikke har været muligt at vurdere trafikens bidrag til den regionale partikelkoncentration pga. manglende målinger (Palmgren et al. 2001). Ud fra en række udenlandske undersøgelser, samt beregninger over PM_{10} eksponeringen, er sundhedseffekter ved trafikskabt forurening fra de tunge køretøjer estimeret (Tabel 7).

² LANGT STØRSTEDLEN AF VAREBILERNE ER DIESELDREVNE. DET ANTAGES DERFOR I DENNE RAPPORT, AT BIDRAGET FRA BENZINDREVNE VAREBILER IKKE ER VÆSENTLIGT.

³ KØRETØJER MED EN REGISTRERET VÆGT OVER 3,5 TONS.

⁴ DET ANTAGES AT PARTIKELFILTRENE REDUCERER EMISSION AF PARTIKLER MED 80%.

TABEL 7. ANTAL FÆRRE TILFÆLDE AF HELBREDSEFFEKTER I DANMARK VED EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ TUNGE KØRETØJER I DANMARK. I PARENTES ER ANGIVET DEN NEDRE OG ØVRE SIKKERHEDSGRÆNSE FOR DEN RELATIVE RISIKO, ALENE SET UD FRA HELBREDSEFFEKTSBEREGNINGER – HERTIL KOMMER USIKKERHEDEN VED BEREGNING AF BEFOLKNINGENS EKSPONERING AF PM₁₀.⁵ (PALMGREN ET AL. 2001).

<i>Helbredseffekt</i>	<i>Aldersgruppe</i>	<i>Observeret/estimeret antal tilfælde i Danmark</i>	<i>Antal færre tilfælde ved eftermontering af partikelfiltre</i>
Dødelighed	30+	56.640	22 (14-31)
Indlæggelser, kredsløbssygdomme	Alle	119.619	14 (8-21)
Indlæggelser, luftvejssygdomme	Alle	78.178	10 (1-18)
Kronisk bronkitis	25+	25.593	21 (2-37)
Akut bronkitis	<15	37.223	76 (40-104)
Dage med begrænset aktivitet	20+	14.890.772	11.874 (10.177-13.506)
Astmaanfald	15+	2.586.991	922 (462-1.356)
Astmaanfald	<15	306.044	122 (77-168)

Den væsentligste usikkerhedsfaktor i beregningerne af helbredseffekterne er imidlertid de ultrafine partiklers rolle. Hvis ultrafine partikler udgør en større sundhedsrisiko end fine partikler, vil tallene i Tabel 7 undervurdere de virkelige helbredseffekter. Herudover bygger tallene på baggrundskoncentrationer, som ligeledes vil undervurdere befolkningens eksponering overfor partikler. Det vurderes at trafikken kan være kilde til 88% af det samlede antal ultrafine partikler (Palmgren et al. 2001), men i kraft af manglende undersøgelser kendes deres andel af helbredseffekterne ikke.

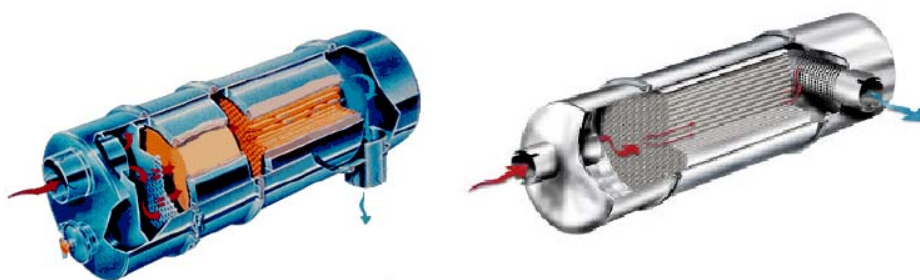
⁵ OPLYSNINGERNE I TABELLEN ER SAMMENSAT UD FRA TABEL 5.2, 5.3 OG 5.4 I (PALMGREN ET AL. 2001)

P R A K T I S K E E R F A R I N G E R M E D P A R T I K E L F I L T R E I D A N M A R K

Forsøget i Odense med tunge køretøjer

Partikelfiltre består af et filterhus samt en filterenhed. Filterenheden er fremstillet af keramisk materiale og er udformet således, at udstødningsskassens partikler bliver opfanget på kanalvæggene. For at undgå tilstopning er det vigtigt at partiklerne bortskaffes, hvilket sker ved afbrænding – denne proces kaldes også regenerering. Afbrænding af partikler skal normalt ske ved en temperatur på ca. 600 °C, hvilket er højere end de normale temperaturer i udstødningssystemet (250-300 °C). Problemet kan afhjælpes ved (Færdselsstyrelsen 2002):

- at kombinere filter med katalysator, der producerer NO₂, som muliggør en lettere afbrænding af partikler
- ved at anvende additiver i dieselbrændstoffet, som gør afbrændingen af partikler lettere
- ved at tilføre udstødningssystemet mere energi – eksempelvis fra køretøjets elektriske system



FIGUR 6. FILTERENHEDEN PÅ TO FORSKELLIGE PARTIKELFILTRE. TV. ER DET JOHNSON MATTHEY CRT™ OG TH. ER DET ENGELHARD DPX (FÆRDELSSTYRELSEN 2001).

I Odense blev testet 4 forskellige partikelfiltre på i alt 121 køretøjer med forskelligt driftsmønster (Færdselsstyrelsen 2002):

1. Johnson Matthey, CRT: Passivt filter som regenereres ved hjælp af NO₂ skabt af en forkatalysator. Filteret kræver brændstof med mindre end 75 ppm svovl⁶
2. Engelhard DPX: Passivt filter som regenereres ved hjælp af NO₂ skabt i selve filteret. Filteret kræver brændstof med mindre end 75 ppm svovl
3. Silentor: Passivt filter som regenereres ved hjælp af et additiv i brændstoffet. Der skal doseres til 200 ppm om sommeren og 400 ppm om vinteren
4. Energietechnik Bremen, ELR: Aktivt filter med elektrisk regenerering

Filtrene skal serviceres 1-2 gange årligt afhængig af kørselsmønster og vedligeholdelsesstand. Ved disse lejligheder renses filteret for at fjerne partikler, der ikke er blevet afbrændt ved den løbende regenerering, og det vendes. Herved sikres, at filteret ikke stoppes til. Der er en teoretisk ekstraomkostning til forøget brændstofforbrug. Dette skyldes, at partikelfilteret yder et modtryk i udstødningsystemet, der kan medføre en stigning i brændstofforbruget (Færdselsstyrelsen 2002).

Odense-forsøget havde undervejs indledende "børnesygdomme". De fleste fejl kunne relateres til brud på beslag, rør og lign. En del filtre måtte endvidere udskiftes pga. fabrikationsfejl (svejsninger, støjisoleringer m.m.). Endeligt var der også en del filtre, der blev skiftet pga. defekter i motorerne. Odense-forsøget viser, at køretøjet skal være i en god vedligeholdelsesstand for at være egnet til montering af partikelfiltre (Færdselsstyrelsen 2002).⁷

Der blev gennemført emissionsmålinger af partikelstørrelse og partikelantal i udstødningsgassen for at afdække om filtrenes effekt gjaldt overfor alle partikelstørrelser. Man konstaterede, at partikelfiltre også er effektive overfor fine og ultrafine partikler. Det samlede indtryk fra Odense-forsøget er, at partikelfiltre kan eftermonteres på en betydelig del af de tunge køretøjer (Færdselsstyrelsen 2002).

⁶ DETTE GIVER IKKE ANLEDNING TIL PROBLEMER I DANMARK, HVOR SVOVLINDHOLDET ER HØJST 50 PPM.

⁷ DER BLEV I FORBINDELSE MED FORSØGET GJORT EN LANG RÆKKE ERFARINGER OMKRING DEN VEDLIGEHOLDSESSTAND, DER ER NØDVENDIG FOR AT KØRETØJET KAN FUNGERE TILFREDSSTILLENDE MED PARTIKELFILTRE. DISSE ERFARINGER ER ANVENDT TIL UDARBEJDELSEN AF EN KRAVSPECIFIKATION OG EN INDKØBSVEJLEDNING, DER KAN ANVENDES VED INDKØB AF FILTRE. KRAVSPECIFIKATIONEN OG INDKØBSVEJLEDNINGEN KAN FINDES PÅ FÆRDSSELSSTYRELSENS HJEMMESIDE ([HTTP://WWW.FSTYR.DK/PUBLIKATION/INDEX.HTM](http://www.fstyr.dk/publikation/index.htm)).

I tilknytning til partikelfiltrene blev også afprøvet forskellige deNO_x-systemer for at mindske udledningen af NO_x fra forkatalysator og partikelfiltre. NO₂ er den NO_x-forbindelse, der påvirker folk med luftvejssygdomme mest. Effekterne er irritation af slimhinder, øjne, næse og hals (Hertel & Berkowicz 2000; Larsen et al. 1997). Resultaterne viser, at der er behov for en yderligere udvikling og afprøvning inden deNO_x-systemer virker pålideligt sammen med partikelfiltre (Færdselsstyrelsen 2002).

Forsøg med varebiler ved Post Danmark

Post Danmark er p.t. i gang med et forsøg, hvor 14 små varebiler (Peugeot Partner) bliver udstyret med Silentorfiltre. Der foreligger intet skriftligt materiale om resultaterne på nuværende tidspunkt. Der kan dog drages nogle foreløbige konklusioner⁸:

- Der har været problemer med filtrene på de varebiler, der har et driftsmønster med mange stop. Disse biler mister effekten pga. tilstoppede filtre
- De varebiler, som kører længere stræk, har ingen problemer, eftersom filtrene opnår driftstemperaturer, hvor de regenererer
- Det har ikke været muligt at konstatere et øget brændstofforbrug

Silentor har arbejdet på at afhjælpe problemerne med de tilstoppede filtre ved at efterisolere filtrene for at sikre tilstrækkeligt høje temperaturer i filteret. Dette ser ud til at have løst problemet.

Situationen vedrørende partikelfiltre til varebiler er derfor, at forsøget har bevist, at filtrene kan anvendes på varebiler, men at der stadig er mindre tekniske problemer, der skal løses.

⁸ BASERET PÅ SAMTALE MED MOGENS AMTSGÅRD, SOM ER ANSVARLIG FOR FORSØGET HOS POST DANMARK.

SCENARIEBESKRIVELSE

Hvorfor ikke se på miljøzoner?

Der er valgt ikke at se på miljøzoner i denne rapport. Idéen med miljøzoner er at koncentrere indsatsen omkring byerne, hvor problemet med partikler er størst, fordi flest mennesker bliver udsat for partikelforureningen.

Det er tidligere forsøgt opgjort, om det er økonomisk rentabelt at indføre miljøzoner, hvori tunge køretøjer skal være påmonteret partikelfilter (Jensen et al. 2001). Undersøgelsen viste, at indførelsen af miljøzoner kun vil have begrænset effekt. Dette resultat skyldes i høj grad, at det eksisterende datagrundlag bygger på partikelkoncentrationer i bybaggrunden og altså ikke på gadeplan. Det betyder at koncentrationen af partikler indeholder et stort regionalt bidrag, som en miljøzone kun vil kunne påvirke i begrænset omfang. Dette gælder for PM_{10} og i mindre grad ultrafine partikler. Hvis ultrafine partikler er de farligste for helbredet, vil en miljøzone givetvis kunne tillægges en større betydning. Det vides dog ikke med sikkerhed i hvor høj grad ultrafine partikler er farligere end fine, hvilket vil give en del usikkerhed i udregningen af sundhedsmæssige gevinster i miljøzoner ved påmontering af partikelfiltre.

Herudover bidrager antagelser om kørselsmønstre (og deres ændringer ved indførelser af miljøzoner) med en væsentlig usikkerhed. Der er ikke tilstrækkelig viden /statistik til at kunne fastslå præcist, hvorledes kørselsmønstret er i dag. Men ikke mindst er det usikkert hvilken adfærd ændring miljøzoner ville medføre. Ovennævnte rapport indeholdt også en spørgeskemaundersøgelse blandt vognmænd, som bl.a. skulle klarlægge, hvordan de forventede at reagere overfor indførelsen af miljøzoner. De fleste adspurgte mener, at fleksibilitet i planlægningen er af afgørende betydning, og de forventer derfor at påmontere partikelfiltre på samtlige køretøjer, da de så ikke behøver at tænke over, hvilke af deres køretøjer der må køre i byen (Jensen et al. 2001). Dette betyder, at en miljøzoneregulering vil have omtrent den samme effekt som et landsdækkende påbud.

Implementeringsmæssigt er der ligeledes en række usikkerheder, således at omkostningssiden er svær at forudsige. Det er rimeligt at antage, at der vil være ikke ubetydelige omkostninger forbundet med information og kontrol af et sådant system.

Det er derfor i denne analyse valgt at sigte mod en landsdækkende løsning på problemet.

Begrundelse for udvælgelse af scenarier

Der er medtaget tre køretøjskategorier:

- Tunge køretøjer (lastvogne og busser)
- Varebiler
- Dieseldrevne taxaer

Debatten har hidtil primært handlet om de tunge køretøjer, der også udleder den største andel af partikler, jf. Tabel 8. Derudover er varebilerne interessante pga. deres betydelige andel af partikelemissionen i byområder, og fordi man er ved at opnå praktiske erfaringer med eftermontering af partikelfiltre på varebiler. Der er flere begrundelser for at se på de dieseldrevne taxaer (omtales nedenfor), men en af hovedårsagerne er, at en meget stor del af deres trafikarbejde udføres i byer.

Der foreligger målinger af bidragene til PM_{10} fra trafikken i København for tunge køretøjer og varebiler i (Palmgren et al. 2001). Disse resultater viser, at de tunge køretøjer og varebilerne producerer en meget væsentlig del af partikelemissionen i byerne. I (Palmgren et al. 2001) indgår dieseldrevne taxaer (herefter blot benævnt taxaer) i kategorien personbiler, og det fremgår derfor ikke, hvor stor en andel taxaerne står for. Under udarbejdelse af (Palmgren et al. 2001) fokuserede man ikke på taxaer som en selvstændig køretøjskategori, og som en følge heraf er det vanskeligt at estimere taxaernes andel af bidraget fra personbilerne ud fra det baggrundsmateriale, som (Palmgren et al. 2001) bygger på. I Appendix A er det dog forsøgt gjort vha. oplysninger fra den nationale emissionsopgørelse og beregninger fra COPERT III, og resultatet er, at taxaerne andrager med 1% af trafikens bidrag til PM_{10} . Bemærk, at denne opgørelse er stærkt forsimplet, idet den kombinerer resultater fra den nationale emissionsopgørelse med resultater fra (Palmgren et al. 2001). Finn Palmgren, som er en af forfatterne bag (Palmgren et al. 2001), har med en meget simpel overslagsbetragtning kunnet bekræfte størrelsesordenen af estimatet på 1%, men understreger, at usikkerheden på estimatet er mindst en faktor 2. Den estimerede andel skal derfor tages som et groft overslag over taxaernes andel af trafikens bidrag til partikelemissionen i byerne. Tabellen nedenfor opsummerer estimaterne:

TABEL 8. DE ENKELTE KØRETØJSTYPER S ANDEL I TRAFIKKENS BIDRAG TIL PM₁₀ I BYBAGGRUNDEN I KØBENHAVN ESTIMERET AF (PALMGREN ET AL. 2001) OG VHA. DEN NATIONALE EMISSIONSOPGØRELSE (BEREGNINGER AF MORTEN WINTHER, DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER). I HØJRE KOLONNE PARTIKELEMISSION IFLG. DEN NATIONALE EMISSIONSOPGØRELSE (FÆRDELSSTYRELSEN 2001).

<i>Køretøjstype</i>	<i>PM₁₀-bybaggrund (Kbh.)</i>	<i>Partikelemission i byer iflg. den nationale emissionsopgørelse</i>
Personbiler	25 %	12%
Heraf taxa	5%	
Taxa total	5% af 25% = ca. 1%	
Varebiler	28 %	55%
Tunge køretøjer ⁹	47 %	33%
Busser	11%	11%
Lastbiler	36%	22%

Det antages, at fordelingen af bidragene til forureningen fra trafikken i København er sammenlignelig med andre større danske byer.

Taxaer udgør altså, ifølge ovennævnte beregninger, ikke en væsentlig del af trafikens bidrag til partikelforureningen i København.¹⁰ Det skal dog understreges, at i kraft af mangel på empiriske målinger er beregningerne af taxaernes emissioner baseret på den nationale emissionsopgørelse. Der er en faktor 2 til forskel i personbilernes andel i den empiriske undersøgelse i (Palmgren et al. 2001) og den nationale emissionsopgørelse, som ovenstående tabel viser. Dette antyder, at resultatet på 1% kan være væsentligt undervurderet.¹¹

Der er en række andre faktorer, der gør taxaerne særligt interessante:

- Taxaer udfører en stor del af deres trafikarbejde i byerne¹²
- Langt størstedelen af taxaerne er dieseldrevne¹³
- De er relativt nye (<2 år), og deres motorer er derfor i rimelig god vedligeholdelsesstand. Risikoen for at filtrene stopper pga. dårlig vedligeholdelse er derfor lille

⁹ KØRETØJER MED EN REGISTRERET VÆGT OVER 3,5 TONS.

¹⁰ BEREGNINGERNE ER VIST I APPENDIX A.

¹¹ DET VURDERES, AT COPERT-MODELLEN, DER ANVENDES I DEN NATIONALE EMISSIONSOPGØRELSE, PASSER DÅRLIGT PÅ DANSKE FORHOLD. ESTIMATET PÅ 1% FOR TAXAER ER DERFOR FORMENTLIG LAVT (FINN PALMGREN, DMU, PERSONLIG KORRESPONDANCE).

¹² DER FINDES INGEN NATIONAL OPGØRELSE OVER TAXAERNES TRAFIKARBEJDE I BYERNE.

¹³ DER VAR I 2002 6096 TAXAER, HERAF ER 5404 DIESELDREVNE.

- Taxaers driftsmønster med megen hård kørsel (kraftige accelerationer) egner sig til kørsel med filter
 - Emissionerne vokser markant ved kraftige accelerationer¹⁴
 - Filtrene har god mulighed for at blive regenereret, når driftstemperaturen er høj, hvilket periodevist er tilfældet for taxaer

Antagelser for eftermontering af filtre

Det antages, at påmonteringen kan påbegyndes fra 2004¹⁵, og at der skal eftermonteres filtre på nyanskaffede køretøjer, indtil disse leveres fra fabrikken med partikelfiltre som standard. For tunge køretøjer antages dette at ske med Euro-4 normens ikrafttrædelse 1.10.2006.¹⁶ Denne antagelse gælder ikke for taxaer (som hører til køretøjstypen personbiler) eller for varebiler. For disse køretøjskategorier vurderes, at eftermonteringen skal fortsætte i 2 år efter Euro-4 normens ikrafttrædelse. Dette svarer til, at eftermontering stoppes i 2008 for taxaernes vedkommende og i 2009 for varebilernes vedkommende (Tabel 9).

TABEL 9. FORVENTET INDFASNINGSTID AF PARTIKELFILTRE FOR DE TRE KØRETØJSKATEGORIER (TUNGE KØRETØJER, VAREBILER OG TAXAER)

<i>Køretøjs- type</i>	<i>Bestand af køretøjer¹⁷</i>	<i>Gennemsnit- lig levetid¹⁸</i>	<i>Start på efter- montering primo</i>	<i>Længde af indfasning</i>	<i>Stop for efter- montering primo</i>
Tunge køretøjer	60.647	11 år	2004	1 år	2007
Varebiler	244.586	10 år	2004	4 år	2009
Taxaer ¹⁹	5404	2 år	2004	1 år	2008

Ved valg af indfasningstiden er der taget højde for antallet af filtre, der skal eftermonteres, og indfasningstiden er derfor længst for varebilerne, der med sin bestand på ca. 245.000 køretøjer udgør den største kategori. Det skal understreges, at

¹⁴ KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT, PRIVAT KORRESPONDANCE.

¹⁵ FOLKETINGET VIL TAGE STILLING TIL SPØRGSMÅLET OM EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE I FORÅRET 2003, OG DA EN EVT. VEDTAGELSE AF FORSLAG OM EFTERMONTERING AF FILTRE PÅ EN ELLER FLERE KØRETØJSKATEGORIER VIL KOMME TIL AT BETYDE EN MEGET MARKANT FORØGELSE I EFTERSPØRGSLEN, SKØNNES DET, AT TILTAGET TIDLIGST KAN IVÆRKSÆTTES FRA 2004.

¹⁶ DETTE AFRUNDES I BEREGNINGERNE TIL 2007.

¹⁷ (DANMARKS STATISTIK 2002:14 2002).

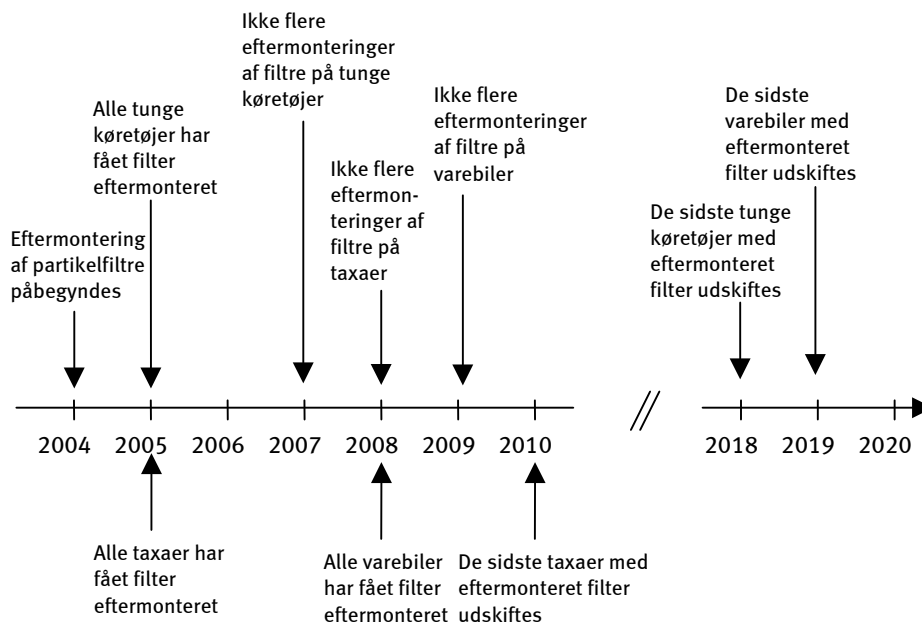
¹⁸ (FÆRDSELSSTYRELSEN 2001) OG FOR TAXAERS VEDKOMMENDE DE GÆLDENDE AFSKRIVNINGSGREGLER FOR HYREVOGNE.

¹⁹ TAXAER HØRER UNDER KATEGORIEN PERSONBILER.

ovenstående indfasningstider må betegnes som ambitiøse. Dette gælder specielt, hvis det besluttes at eftermontere filtre på flere køretøjskategorier samtidigt.

I perioden mellem afslutningen af indfasningen af filtrene og stoppet for eftermontering af filtre eftermonteres årligt filtre svarende til antallet af nyanskaffelser.

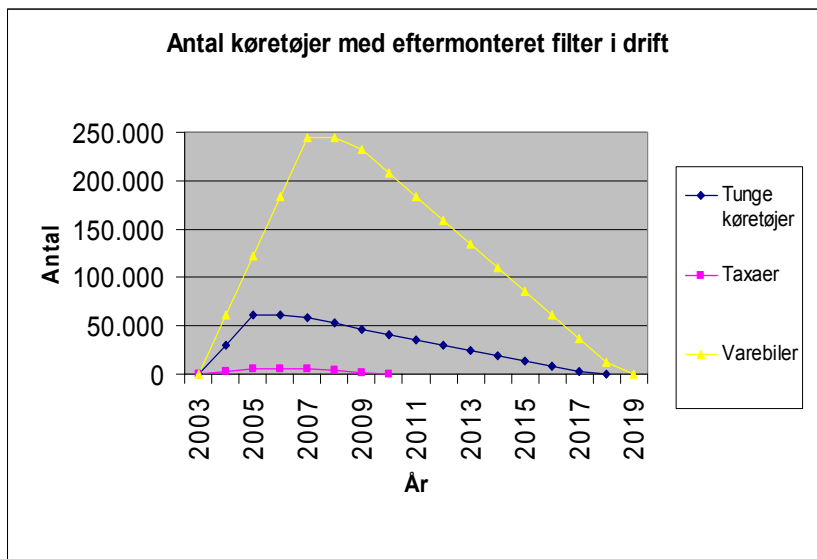
Filtrene antages at have en levetid på 6 år²⁰, og levetiden for de berørte køretøjer estimeres til 11 år for tunge køretøjer, 10 år for varebiler og 2 år for taxaer. Dette illustreres på nedenstående tidslinie ved den periode, der ligger mellem eftermonteringen af det sidste filter og udskiftning af det sidste køretøj med eftermonteret filter.



FIGUR 7. TIDSLINIE ANVENDT I SCENARIER TIL EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ TUNGE KØRETØJER, VAREBILER OG TAXAER.

Indfasning af filtrene antages at tage mellem 1 og 4 år som vist i Tabel 9. Udfasning antages at finde sted efter indførelse af Euro-4 normen, lineært som en funktion af køretøjets gennemsnitlige levetid. Se nedenstående figur:

²⁰ (FÆRDELSSTYRELSEN 2001) s. 22.



FIGUR 8. ANTAGET IND- OG UDFASNING AF TUNGE KØRETØJER.²¹

Vognparkens størrelse fremskrives ikke, men antages konstant på 2002 niveau. De samlede udgifter og gevinster beregnes i 2004 ved tilbagediskontering med diskonteringsfaktorerne 0%, 3% og 6%.

Beregning af udgifter

Omkostninger ved eftermontering af et partikelfilter udgøres af fire komponenter:

- Indkøb af filter
- Serviceomkostninger (rensning af filterenhed)
- Omkostninger til forøget brændstofforbrug
- Ekstra eftermontering af filter

Hertil kommer uforudsete udgifter. Prisen for filtrene antages at falde som følge af den kraftigt voksende efterspørgsel, stigende automatisering af produktionsprocessen og voksende konkurrence (se Udgifter ved eftermontering af partikelfiltre). De løbende omkostninger til drift af filteret (service og omkostninger til forøget brændstofforbrug) beregnes i hele køretøjets levetid.

²¹ FIGUREN VISER ANTAL EFTERMONTEREDE FILTRE PR. ÅR SOM ET GENNEMSNITSTAL.

Omkostningerne til indkøb af filtre og drift (service og øget brændstofforbrug) beregnes årligt fra 2004 til det sidste køretøj med eftermonteret partikelfilter er udfaset for de tre scenarier, og de samlede omkostninger i 2004 beregnes vha. tilbagediskontering.

De tunge køretøjer har en gennemsnitlig levetid på 11 år og varebiler 10 år. Da prisen på tunge køretøjer og varebiler er betragteligt højere end et filter, er det rimeligt at antage, at det er rentabelt at udskifte filteret efter 6 år for at forlænge køretøjets levetid. Denne ekstraomkostning medtages i beregningerne af omkostninger. Antagelsen gælder ikke for taxaer, der har for kort gennemsnitlig levetid til, at en udskiftning af filteret bliver aktuel.

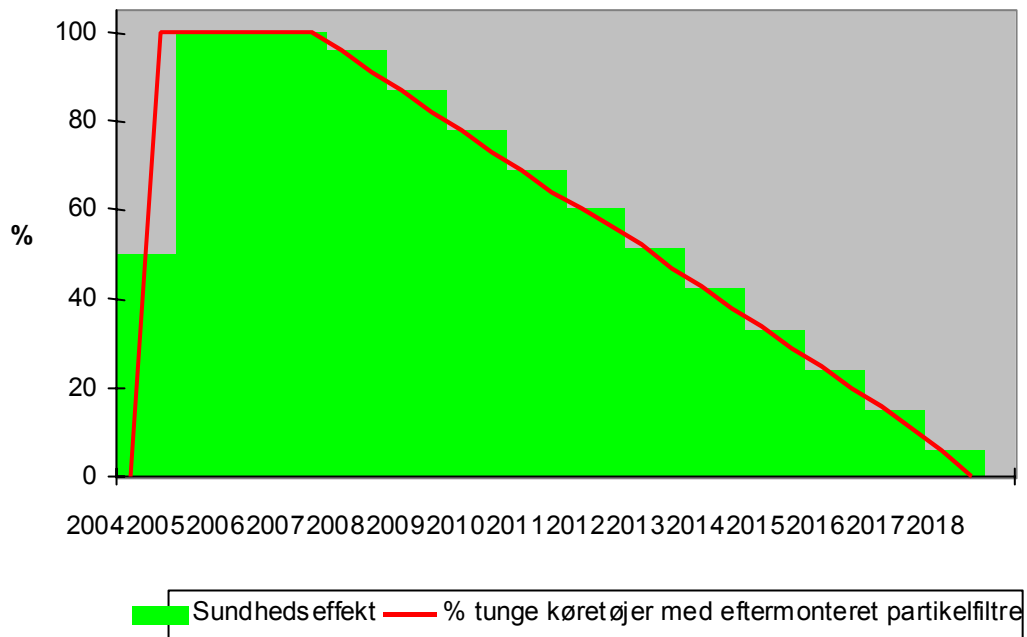
Beregning af gevinster

Størrelsen af de positive helbredseffekter ved installering af filtre på de forskellige køretøjstyper beregnes, idet det antages, at der er en lineær sammenhæng mellem helbredseffekterne og bidraget til koncentrationen af partikler fra de tre køretøjstyper. Med andre ord antages det, at når eksempelvis 50% af filtrene til de 60.000 tunge køretøjer er monteret, vil 50% af sundhedsskaderne fra disse 60.000 tunge køretøjer være forhindret. Der ses på de helbredseffekter, som er omtalt under afsnittet om sundhedsmæssige omkostninger, og der anvendes to typer værdisætninger.

Eftermontering af partikelfiltre på tunge køretøjer indføres fra begyndelsen af 2004 og afsluttes 1 år senere. Herved opnås 50% af de maksimale helbredseffekter i 2004²², og den fulde effekt indtræder i 2005. Ved indførelsen af Euro-4 normen påbegyndes en udfasning af de tunge køretøjer med eftermonteret partikelfilter. Dette medfører, at helbredseffekterne falder lineært fra 100% til 0% i perioden fra 2007 til 2018.

Tilsvarende beregningsmetode er anvendt for taxaer og varebiler dog med gennemsnitlig levetid for køretøjstypen og længde af indfasning som vist i Tabel 9.

²² DET ANTAGES, AT ALLE TUNGE KØRETØJER FÅR PÅMONTERET FILTRE I 2004. UNDER ANTAGELSE AF KONSTANT DRIFTSMØNSTER HELE ÅRET SVARER DETTE TIL, AT 50% AF ALLE KØRTE KM AF TUNGE KØRETØJER ER BLEVET GENNEMFØRT MED FILTER I ÅR 2004.



FIGUR 9. SUNDHEDSEFFEKTER RELATERET TIL ANTALLET AF TUNGE KØRETØJER MED EFTERMONTERET FILTER. SUNDHEDSEFFEKTERNE ER PROCENTVIS SAT I FORHOLD TIL %-ANDEL AF TUNGE KØRETØJER MED EFTERMONTERET PARTIKELFILTRE I PERIODEN 2004-2018.

UDGIFTER VED EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE

Ved beregningen af udgifter til eftermontering af partikelfiltre inddrages en række overvejelser omkring prisen på partikelfiltrene²³, udviklingen af denne pris over tid, serviceomkostninger samt et øget brændstofforbrug. Herudover gøres der antagelser omkring levetiden af filtre og køretøjer. Der kan også forventes uforudsete omkostninger, som omtalt under beskrivelsen af forsøget fra Odense.²⁴ Det antages dog, at omfanget af de uforudsete omkostninger er begrænset, og at disse omkostninger vil falde efterhånden som viden omkring installation og drift af filtrene vokser. Disse omkostninger er derfor ikke kvantificeret i denne rapport, og vil ikke blive omtalt yderligere.

Nedenfor gennemgås forhold, der har relevans i forhold til prissætningen af filtrene, og herefter gennemgås udgiftsberegningerne.

Indkøb af filtre

I dag er prisen for et partikelfilter til et tungt køretøj ca. 40.000 kr.²⁵, 15.000 for en varebil og 15.000 for en taxa. Estimering af udviklingen af denne indkøbspris er vanskelig. Som det argumenteres nedenfor, er der dog en række faktorer, der indikerer, at prisen for et filter vil falde markant.

Beskrivelse af markedet for partikelfiltre

Teknologien bag partikelfiltrene er relativt ny. Dette skyldes, at det først er indenfor de seneste år, man er blevet opmærksom på de skadelige effekter ved partikler fra dieselmotorer. Der har følgelig ikke tidligere været nogen væsentlig efterspørgsel på denne teknologi. Yderligere er der ikke fuldstændig konkurrence på markedet for partikelfiltre, da filtrene ofte subsidieres.²⁶

²³ DE OPGIVNE PRISER ER INKL. MONTERING AF FILTERET.

²⁴ EN UFORUDSET OMKOSTNING KAN F.EKS. VÆRE JUSTERING AF EN PUMPE ELLER UDSKIFTNING AF EN DYSE.

²⁵ (FÆRDSELSSTYRELSEN 2002) S. 4.

²⁶ (FÆRDSELSSTYRELSEN 2001) S. 38.

Den samlede produktion af filtre på verdensbasis skønnes p.t. til at være omkring 10.000 filtre/år.²⁷ Skulle man vælge at foretage installation af filtre på tunge køretøjer vil dette alene i Danmark kræve ca. 60.000 filtre. Medtages varebiler og taxaer, vokser antallet til ca. 300.000. Dette svarer til 30 års produktion med den nuværende produktionskapacitet. Derfor må det forventes, at den stigende efterspørgsel vil trække større produktionskapacitet til, skabe øget konkurrence og produktionseffektiviseringer. Det synes derfor rimeligt at antage, at resultatet af denne udvikling er lavere priser på partikelfiltre.

Konkurrerende teknologi for partikelfiltre til tunge køretøjer

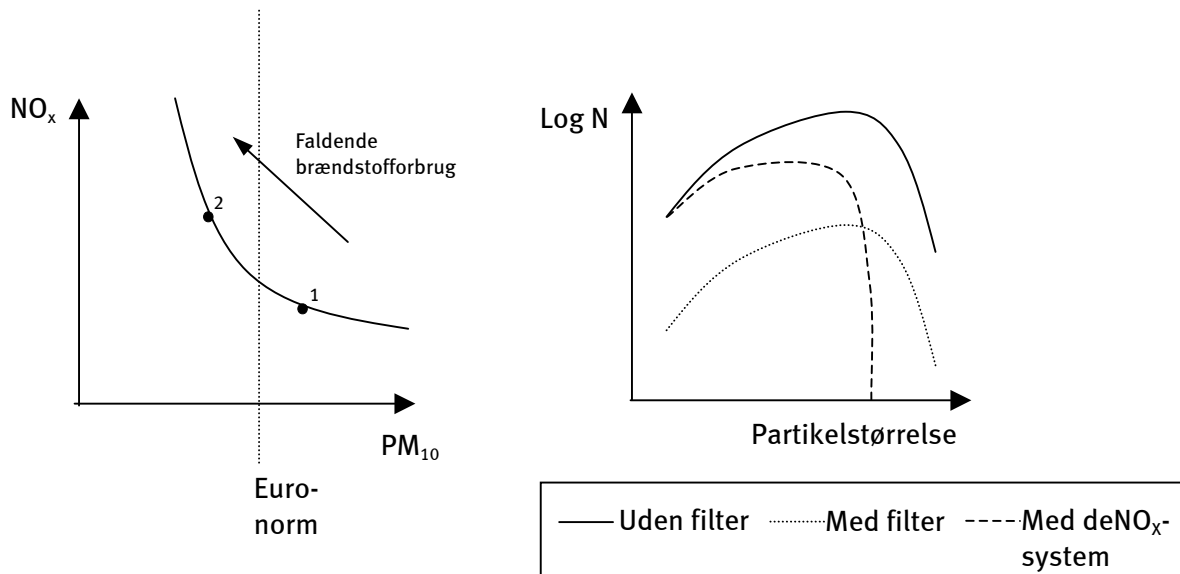
Hvis prisen på partikelfiltre til tunge køretøjer fastholdes på det nuværende leje (ca. 40.000 kr./stk.), er der mulighed for, at installering af deNO_x-systemer kan erstatte eftermontering af partikelfiltrene, idet

- det forventes, at de kan sikre, at Euro-4- og 5-kravene overholdes²⁸
- de er billigere i indkøb
- de sparer brændstof

Euro-4 normen, som nye, tunge køretøjer skal opfylde fra slutningen af 2006, består i vægtbaserede maksimumsgrænser for udledninger af partikler. Opfyldelse af disse krav vil måske kunne klares ved justering af motorindstillingen, så der opnås mindre partikelemission målt i vægt, men større NO_x emission. Påmonteres et deNO_x-system, fjernes den ekstra emission af NO_x. Resultatet bliver en vægtmæssigt lavere partikelemission, men ulempen er, at de ultrafine partikler ikke nødvendigvis filtreres væk. Herved er der risiko for, at indførelsen af Euro-4 normen ikke medfører den ønskede, positive effekt på sundhedstilstanden. Til sammenligning har partikelfiltre en påvist, markant effekt på udledningen af ultrafine partikler.

²⁷ DER FINDES INGEN SAMLET OPGØRELSE OVER SALGET AF PARTIKELFILTRE PÅ VERDENSPLAN. VERDENS STØRSTE PRODUCENT JOHNSON MATTHEY OPLYSER, AT DER ER MONTERET OVER 35.000 CRT FILTRE PÅ TUNGE KØRETØJER I EUROPA, USA OG JAPAN (IFØLGE JM'S HJEMMESIDE, [HTTP://WWW.JMCS.D.COM/HTML/CRT.HTML](http://www.jmcsd.com/html/crt.html)). DET ESTIMERES, AT SAMTLIGE ANDRE PRODUCENTER HAR PRODUCERET OMTRENT DET SAMME ANTAL, ALTSÅ 70.000 I ALT. DETTE KAN SOM ET GROFT ESTIMAT DELES UD OVER 7 ÅR, SVARENDE TIL EN ÅRSPRODUKTION PÅ 10.000 (KILDE: KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT).

²⁸ Se f.eks. <http://www.tno.nl/en/press/archive/20011219.html>.



FIGUR 10. SKEMATISK ILLUSTRATION AF VIRKNINGEN AF EN ÆNDRING I MOTORINDSTILLING (T.V.) OG DEN LOGARITMISKE FORDELING AF ANTALLET AF PARTIKLER (N) EFTER PARTIKELSTØRRELSE I SITUATIONERNE INTET FILTER, PARTIKELFILTER MONTERET OG deNO_x-SYSTEM MONTERET (T.H.). KILDE: KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT.

Figur 10 (venstre del) illustrerer, hvad der sker, hvis motorindstillingen ændres til en lavere emission af PM₁₀ til fordel for en højere udledning af NO_x. Ved dette falder forbruget af brændstof. Det vurderes, at dette indgreb i visse tilfælde kan medføre, at Euro-normerne kan overholdes for tunge køretøjer, uden det er nødvendigt at installere partikelfilter. I Figur 10 (højre del) er illustreret, hvordan monteringen af et partikelfilter og et deNO_x-system kan påvirke størrelsesfordelingen af partiklerne: Såvel de ultrafine som de tungere partikler reduceres i antal ved eftermontering af et partikelfilter.²⁹ Det samme gør sig ikke nødvendigvis gældende ved montering af et deNO_x-system. Herved er der risiko for, at de ultrafine partikler stadigvæk forefindes i emissionerne på trods af, at Euro-normerne overholdes.

²⁹ DETTE ER EMPIRISK EFTERPRØVET I ODENSEFORSØGET.

Udvikling af deNO_x-systemer er interessant for producenterne, fordi man alligevel forventeligt skal kunne levere deNO_x-systemer for at opfylde Euro-5 normen for tunge køretøjer.³⁰ For forbrugerne er deNO_x-systemerne interessante, fordi deNO_x-systemer formentlig vil sælges til en pris på 10-15.000kr.³¹ Montering af et deNO_x-system kombineret med en ændret motorjustering forventes at kunne give en samlet brændstofbesparelse på 3-7% sammenlignet med forbruget, når et partikelfilter er monteret. Man skal ikke have et særligt stort kørselsbehov for at alene besparelsen på brændstof kan finansiere et deNO_x-system.³² Den lave indkøbspris og brændstofbesparelse forventes derfor at kunne lægge pres på prisen på partikelfiltre til tunge køretøjer.

deNO_x-systemerne er endnu ikke kommercielt tilgængelige, men forventes på markedet i løbet af 2003.³³

Sammenligning med prisudviklingen af oxidationskatalysatorer

I begyndelsen af 90'erne iværksatte Trafikministeriet en støtteordning for eftermontering af oxidationskatalysatorer på busser. Det viste sig hurtigt efter ordningens etablering, at priserne faldt drastisk, når en stigende efterspørgsel medfører en stigende, automatiseret produktion og konkurrence.

Teknologien, der anvendes i partikelfiltrene, er kun en anelse mere kompliceret end den, der anvendes for oxidationskatalysatorer³⁴, og det er derfor rimeligt at antage, at prisen for et partikelfilter vil gennemgå samme prisudvikling som oxidationskatalysatorerne, og at det vil ende i nogenlunde samme prisleje som oxidationskatalysatorerne.

Det har været vanskeligt at finde skriftlig dokumentation for ordningen, men støttebeløbet blev nedsat af flere omgange fra de oprindelige 40.000 kr./enhed til omkring 10.000 kr./enhed.³⁵ Dette bekræftes delvist af oplysninger fra Trafikministeriet: I 1993 blev der givet 20.000 kr. i støttebeløb, og allerede i 1994 blev dette beløb nedsat

³⁰ EURO-5 NORMEN, SOM TRÆDER I KRAFT I 2009 (KEN FRIIS HANSEN 2002) S. 1, INDEHOLDER STRENGERE KRAV TIL UDLEDNING AF NO_x, MEN IKKE TIL PARTIKLER.

³¹ ESTIMAT AF KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT.

³² BEREGNINGER VISER, AT SYSTEMET VIL HAVE TJENT SIG SELV IND VED BRÆNDSTOFBESPARELSEN ALENE EFTER CA. 400.000 KM'S KØRSEL.

³³ HALDOR TOPSØE FORVENTES AT HAVE ET SYSTEM PÅ MÅRKEDET I LØBET AF 2003. deNO_x SCR SYSTEMER ER - I MEGET BEGRÆNSET OMFANG - ALLEREDE KOMMERCIELT TILGÆNGLIGE (KILDE: KEN FRIIS HANSEN).

³⁴ KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT, PRIVAT KORRESPONDANCE

³⁵ KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT, PERSONLIG KORRESPONDANCE.

til 15.000 kr.³⁶ Det har ikke været muligt for Trafikministeriet at finde frem til oplysninger om støttebeløbets størrelse før 1993 og efter 1994. I 1994 var prisen på en oxidationskatalysator 17.500 kr. til en bus.³⁷ I dag ligger priserne på oxidationskatalysatorer til tunge køretøjer på ca. 9.000-10.000 kr. og til varebiler og taxaer på ca. 6000 kr.³⁸ Der er altså tale om en halvering af prisen fra 1994 til i dag, og de høje støttebeløb til indkøb af oxidationskatalysatorer i begyndelsen af ordningen på op til 40.000 indikerer, at prisen tidligere har været endnu højere. Altså har priserne på oxidationskatalysatorer gennemgået en markant udvikling, og en lignende udvikling kan forventes for partikelfiltrene.

Serviceomkostninger

Omfanget af service på filtrene afhænger af vedligeholdelsesstanden på køretøjet. Hvis vedligeholdelsesstanden er lav, er risikoen for, at der opstår komplikationer større, end hvis køretøjet er vedligeholdt. Det er altså ikke kun størrelsen af køretøjet, der bestemmer serviceomkostningerne. Der antages derfor de samme serviceomkostninger for alle køretøjstyper. Service estimeres til 5 værkstedstimer årligt á 300 kr./time.³⁹ Serviceomkostninger afhænger af antallet af køretøjer med eftermonterede filtre i drift (se Figur 8).

Forøget brændstofforbrug

Montering af partikelfiltre medfører en teoretisk risiko for et forøget brændstofforbrug. Det skal dog bemærkes, at dette ikke kunne verificeres empirisk ved Odense-forsøget og i forsøget hos PostDanmark. På trods af dette er der i beregningerne medtaget en fast omkostning uafhængigt af køretøjstype på 300 kr./år, idet det er foreskrevet af teorien (Færdselsstyrelsen 2002).⁴⁰ Omkostningerne til forøget brændstofforbrug afhænger af antallet af køretøjer med eftermonterede filtre i drift (se Figur 8).

³⁶ OPLYSNING FRA NIELS-ANDERS NIELSEN, FÆRDELSSTYRELSEN.

³⁷ OPLYSNINGER FRA KELD JOHANSEN, HALDOR TOPSØE A/S.

³⁸ OPLYSNINGER FRA DEN DANSKE PARTIKELFILTERPRODUCENT DINEX.

³⁹ (FÆRDELSSTYRELSEN 2002) SIDE 5.

Udgiftsberegninger

Ud fra ovenstående argumentation om

- Beskrivelse af markedet for partikelfiltre
- Konkurrerende teknologi for tunge køretøjer
- Sammenligning af prisudviklingen for oxidationskatalysatorer

forventes det, at prisen på partikelfiltre vil falde som angivet nedenfor.

Filterpriser for filtre til de tunge køretøjer

For de tunge køretøjer forventes det, at prisen på et filter over en årrække vil falde fra det nuværende niveau på ca. 40.000 kr. til 12.000 kr. som en følge af et kraftigt ekspanderende marked for partikelfiltre, risikoen for at deNO_x-systemer erstatter partikelfiltre, prisudviklingen på oxidationskatalysatorer og de nuværende priser på oxidationskatalysatorer. Slutprisen på 12.000 kr. er 20% højere end den nuværende pris på en oxidationskatalysator. Antagelsen omkring dette markante prisfald bekræftes delvist af firmaet Glextech, som bl.a. står for kvalitetsmærkning af partikelfiltre. Glextech vurderer, at det er sandsynligt, at prisen på filtre vil falde til omkring halvdelen af de nuværende priser.⁴¹

Denne prisudvikling er inkluderet i beregningen af udgifterne ved eftermontering af filtre på tunge køretøjer, således at prisen på filtrene falder, efterhånden som antallet af eftermonterede filtre vokser. I tilfælde af at priserne ikke falder som angivet ovenfor, er der i beregningerne medtaget en udvikling uden prisfald (Tabel 19).

Filterpriser for filtre til varebiler og taxaer

Prisen på et partikelfilter til en varebil er på niveau med prisen på et partikelfilter til en taxa, så i denne rapport anvendes den samme pris for partikelfiltre til varebiler og taxaer. Det vurderes, at den nuværende pris på filtre til varebiler og taxaer på 15.000 kr. vil falde til 8.000 kr. som en følge af et kraftigt ekspanderende marked for partikelfiltre, prisudviklingen på oxidationskatalysatorer og de nuværende priser på oxidationskatalysatorer. Denne prisudvikling bekræftes delvist af den danske filterproducent Silentor, som oplyser, at et filter til varebiler og taxaer ved indkøb af ”et betragteligt antal” er omkring 10.000 kr.⁴² Silentor angiver, at et betragteligt antal er

⁴⁰ UDREGNINGEN ER FORETAGET UD FRA BL.A. BRÆNDSTOFFORBRUGET FOR TUNGE KØRETØJER. FOR VAREBILER OG TAXAER VIL ESTIMATET DERFOR VÆRE OVERVURDERET.

⁴¹ IFØLGE LARS FREDERIKSEN, GLEXTech

⁴² OPLYSNING FRA JAN HARTMANN JAKOBSEN, SILENTOR

1000-2000 stk. Det skal i denne sammenhæng bemærkes, at den danske bestand af varebiler og taxaer p.t. er på ca. 250.000 køretøjer.

Denne prisudvikling er - som for de tunge køretøjer - inkluderet i beregningen af udgifterne ved eftermontering af filtre på varebiler og taxaer, således at prisen på filtrene falder, efterhånden som antallet af eftermonterede filtre vokser. I tilfælde af at priserne ikke falder som angivet ovenfor, er der i beregningerne medtaget en udvikling uden prisfald (Tabel 19).

Omkostningerne til indkøb af filtre er store de første år, herefter aftager de svarende til, at kun nyindregistrerede køretøjer skal have eftermonteret filter, og omkostningerne forsvinder når fabriksnye køretøjer er monteret med partikelfilter. For de tunge køretøjers og varebilernes vedkommende kommer der igen omkostninger til eftermonteringer, når den del af køretøjerne, der var nye ved den første eftermontering, skal have eftermonteret filtre igen. Dette er aktuelt, hvis filtrene eftermonteres på et køretøj, der har længere levetid end filteret. I denne sammenhæng er det ikke rimeligt at antage, at køretøjet bliver skrottet, når filteret skal skiftes på varebiler og tunge køretøjer (Tabel 10).

TABEL 10. GENNEMSNITLIG LEVETID FOR KØRETØJER OG FILTRE (KILDE: (DANMARKS STATISTIK 2002:14 2002) OG (FÆRDELSSTYRELSEN 2002)).

<i>Køretøj</i>	<i>Gennemsnitlig levetid / år</i>	<i>Filter levetid / år</i>	<i>Mulighed for 2. eftermontering af filtre på køretøjet</i>
Tunge køretøjer	11	6	JA
Taxa	2	6	NEJ
Varebiler	10	6	JA

Nedenstående tabel opsummerer de estimerede omkostninger ved eftermontering af partikelfiltre:

TABEL 11. OPSUMMERING AF ESTIMEREDE PRISER FOR PARTIKELFILTRE OG ESTIMEREDE DRIFTSOMKOSTNINGER (FÆRDELSSTYRELSEN 2002)⁴³

<i>Køretøjstype</i>	<i>Indkøbspris / kr.</i>	<i>Service kr./år</i>	<i>Øget brændstof- forbrug / kr./år</i>
Tunge køretøjer	40.000-12.000	1.500	300
Taxaer	15.000-8.000	1.500	300
Varebiler	15.000-8.000	1.500	300

For hvert år, hvor køretøjer med eftermonteret filter er i drift, beregnes omkostninger til indkøb, drift og forøget brændstofforbrug. Den forventede prisudvikling på indkøbsprisen af filtrene inkluderes i beregningerne. For hvert år beregnes der en års-sum, og denne årssum diskonteres tilbage til 2004 med diskonteringsrater på $r=0\%$, $r=3\%$ og $r=6\%$.

De samlede omkostninger for eftermontering af filtre for de tre køretøjskategorier er vist i Tabel 12:

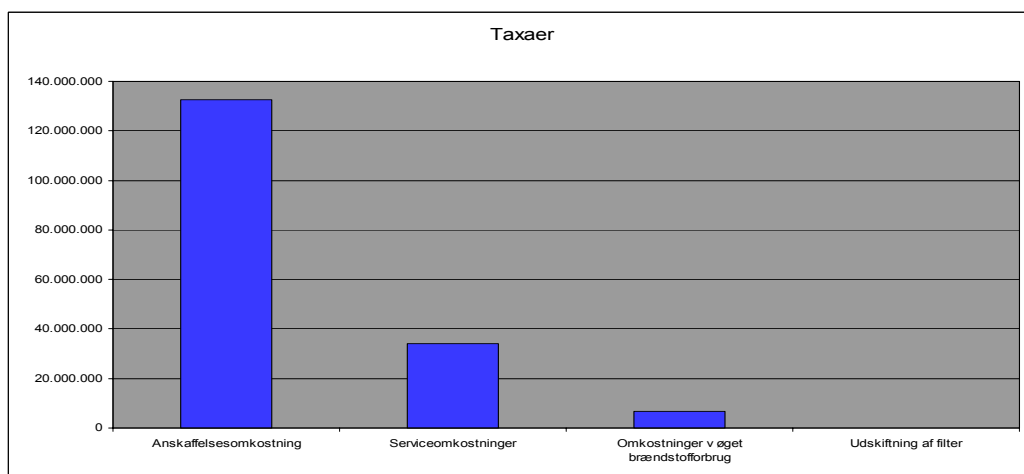
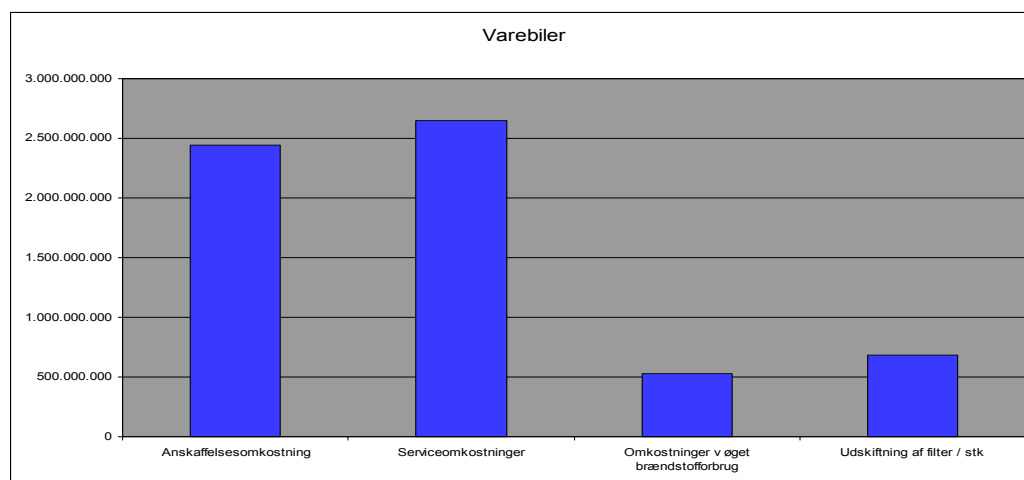
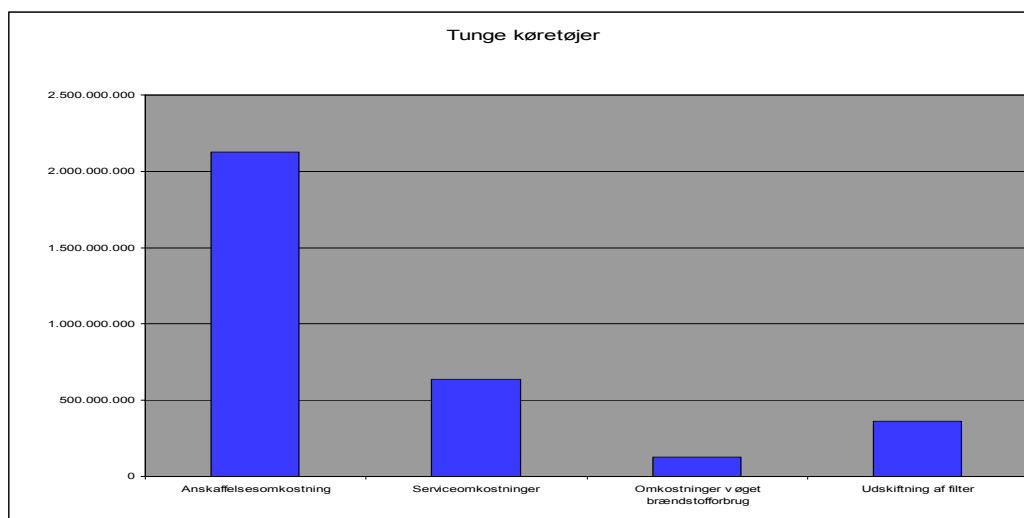
TABEL 12. OPSUMMERING AF ESTIMEREDE TOTALPRISER FOR EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE.

<i>Køretøjstype</i>	<i>Pris, $r=0\%$ / mio. kr.</i>	<i>Pris, $r=3\%$ / mio. kr.</i>	<i>Pris, $r=6\%$ / mio. kr.</i>
Tunge køretøjer	3.398	3.217	3.071
Taxaer	180	174	168
Varebiler	7.153	6.307	5.632

Omkostninger til indkøb af filtrene er den største omkostning for alle tre køretøjstyper (se Figur 11). Driftsomkostningerne i form af omkostninger til service og øget brændstofforbrug for varebilerne andrager dog med en væsentlig del af de samlede omkostninger. Grunden til, at driftsomkostningerne for taxaerne er så store

⁴³ | SAMRÅD MED KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT

sammenlignet med omkostningerne til indkøb er, at indkøbsprisen er relativt lille (15.000 – 8.000 kr.) sammenlignet med de årlige serviceomkostninger (1500 kr./år). Omkostninger til forøget brændstofforbrug er for alle tre køretøjskategorier meget lille (under 10% af de samlede omkostninger i alle tilfælde).



FIGUR 11. FORDELINGEN AF OMKOSTNINGERNE PÅ ANSKAFFELSE, SERVICE, FORØGET BRÆNDSTOFFORBRUG OG EKSTRA EFTERMONTERING AF FILTER. BEMÆRK AT SKALERINGEN PÅ DE TRE FIGURER ER FORSKELLIG. R=3%.

GEVINSTER VED EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE

Når en del af partiklerne fjernes fra byerne, vil det betyde, at færre mennesker forventes at dø for tidligt som en følge af partikelforureningen, og at sundhedstilstanden generelt bliver bedre. Når det skal kvantificeres, hvad de økonomiske fordele er ved påmontering af partikelfiltre, skal det først undersøges, hvor stor effekten egentlig er, dvs. hvor mange færre døde der vil være, hvor mange færre astmatilfælde osv. Herefter skal sundhedseffekterne værdisættes, og de totale gevinster ved eftermontering af partikelfiltre beregnes.

Sundhedsmæssige konsekvenser

Det er meget svært at sige, hvad partikelforureningen betyder for danskernes sundhed, fordi der ikke findes danske epidemiologiske undersøgelser.

Der er dog gjort forsøg på at kvantificere effekterne, hvor man benytter en række sammenhænge mellem stigning i PM_{10} og de deraf følgende stigninger i dødelighed og andre helbredseffekter (Tabel 7) (Palmgren et al. 2001). Sammenhængene stammer fra en række udenlandske studier⁴⁴, som er blevet overført til danske forhold ved at benytte danske dødstal, indlæggelsesrater mv. De helbredseffekter, som er medtaget i denne rapport, stammer fra WHO-undersøgelsen (Seethaler 1999). De er udvalgt med henblik på at undgå, at man tæller helbredseffekter med to gange.

Tallene i Tabel 13 er de bedste skøn, man kan give over antal færre tilfælde i Danmark ved at eftermontere filtre på tunge køretøjer. Det antages, at de sundhedseffekter PM_{10} giver anledning til, er nedre værdier for de samlede sundhedseffekter. Ligeledes anvendes et øvre estimat, som fremkommer ved at antage, at 25% af alle sundhedseffekter relateret til al PM_{10} skyldes ultrafine partikler. Som udgangspunkt for udregningen af det øvre estimat er det antaget, at al PM_{10} fjernes, såvel fra naturlige som ikke-naturlige kilder (Palmgren et al. 2001).

⁴⁴ FOR DØDELIGHED ER DER TALE OM AMERIKANSKE STUDIER (DOCKERY ET AL. 1993; POPE ET AL. 1995). FOR ØVRIGE SUNDHEDSTILFÆLDE KOMMER EFFEKTESTIMATERNE FRA EN BLANDING AF AMERIKANSKE OG EUROPÆISKE UNDERSØGELSER (PALMGREN ET AL. 2001).

TABEL 13. DE ANVENDTE ØVRE OG NEDRE GRÆNSER FOR SPAREDE SUNDHEDSEFFEKTER AF PARTIKELFORURENING I DANMARK PR. ÅR VED PÅMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ TUNGE KØRETØJER, VAREBILER, TAXAER. DEN ØVRE GRÆNSE ER FREMKOMMET VED AT GANGE ESTIMATERNE AF 'INGEN PM₁₀'-FORURENING I HØJRE KOLONNE MED 25%.⁴⁵ (PALMGREN ET AL. 2001; RAASCHOU-NIELSEN ET AL. 2002). DETTE TAL ER ALTSÅ IKKE BYGGET PÅ MÅLINGER, OG SKAL DERFOR SES SOM ET OVERSLAG. TALLENE FOR VAREBILER OG TAXAER ER UDREGNET I FORHOLD TIL GRÆNSERNE FOR TUNGE KØRETØJER UD FRA DE RELATIVE BIDRAG TIL BYBAGGRUNDEN (TABEL 5)

<i>Helbredseffekter</i>	<i>Tunge køretøjer</i>	<i>varebiler</i>	<i>taxaer</i>	<i>Ingen PM₁₀</i>
Dødelighed	22 - 1.274	13 - 759	0 - 27	5.098
Indlæggelser, kredsløbssygdomme	14 - 817	8 - 487	0 - 17	3.268
Indlæggelser, luftvejssygdomme	10 - 559	6 - 333	0 - 12	2.236
Kronisk bronkitis	21 - 1.258	13 - 749	0 - 27	5.032
Akut bronkitis	76 - 4.366	45 - 2.601	2 - 93	17.467
Dage med begrænset aktivitet	11.874 - 684.100	7.133 - 407.549	255 - 14.555	2.736.397
Astmaanfald (+15 år)	922 - 53.095	774 - 31.631	28 - 1.130	212.382
Astmaanfald (<15 år)	122 - 7.037	104 - 4.192	4 - 150	28.150

Værdisætning af dødelighed og sygdom

Et helt centralt element i Cost/Benefit analysen er at få værdisat de sundhedsmæssige omkostninger. En sådan værdisætning er behæftet med stor usikkerhed. Samtidig kan det konstateres, at der kun findes få anvendelige værdisætningsstudier af sundhedseffekter forbundet med luftforureningsområdet. Dette skyldes tildels problemets store kompleksitet, dels at der er en følelsesmæssig barriere forbundet med at skulle prissætte f.eks. et dødsfald.

Overordnet findes der to prissætningsmetoder: Omkostningsbaseret værdisætning og værdisætning baseret på betalingsvillighed. Metoderne og deres fordele/ulemper bliver

⁴⁵ ANTAG AT AL PM₁₀ FORURENING (INKL. NATURLIG FORURENING OG IKKE-TRAFIKALE KILDER) FJERNES. ANTAGES AT ALLE SUNDHEDSEFFEKTER SKYLDES DEN ULTRAFINE FRAKTION AF PM₁₀, KAN MAN BRUGE AT 88% AF LUFTENS ULTRAFINE PARTIKLER (MÅLT SOM ANTAL) KOMMER FRA TRAFIKKEN, HERAF 47% FRA TUNGE KØRETØJER (PALMGREN ET AL. 2001), OG AT 69% AF BEFOLKNINGEN BOR I BYOMRÅDER (PALMGREN ET AL. 2001). MED EN

beskrevet nærmere nedenfor. Begge metoder er benyttet i denne rapport, hvilket indebærer at benefit-beregningerne gøres op i en 2 x 2 matrix, hvor elementerne udgøres af intervallet for størrelsen af de sundhedsmæssige konsekvenser samt de to værdisætningsopgørelser.

Omkostningsbaseret værdisætning

Metoden estimerer den direkte omkostning for samfundet for hver helbredseffekt. F.eks. værdisættes en sygedag som tabt arbejdsfortjeneste. Det er en god metode til direkte at opgøre, hvor meget partikelforureningen koster samfundet, hvis man kan få værdisat alle effekter. Samtidig er konceptet let gennemskueligt, og dermed generelt mere acceptabelt for folk uden grundig indsigt i økonomiske metoder. Det er dog vanskeligt at få alle direkte og indirekte omkostninger med, og derfor vil metoden ofte underestimere de sande omkostninger.

I denne rapport tages udgangspunkt i en opgørelse fra Færdselsstyrelsen, som i det store og hele bygger på en dansk ExternE⁴⁶ rapport (Færdselsstyrelsen 2001; Meyer et al. 1994). Det må dog pointeres, at Færdselsstyrelsens rapport ikke benytter en "ren" omkostningsbaseret værdisætning grundet mangel på oplysninger om priser på hospitalsindlæggelser og kronisk bronkitis. Derfor er disse helbredseffekter i Færdselsstyrelsens opgørelse blevet værdisat i forhold til hhv. dage med begrænset aktivitet og dødelighed med samme forhold som i WHO rapporten (Seethaler 1999). Da forholdene i WHO-rapporten er fremkommet ud fra et betalingsvilligheds-studie, kan Færdselsstyrelsens værdisætning således ikke betragtes som rent omkostningsbaseret.

Dødelighed værdisat efter omkostningsbaseret metode

Prissætningen af et dødsfald er i Færdselsstyrelsens rapport beregnet ud fra den antagelse, at de mennesker, der dør af partikelforurening i gennemsnit befinder sig i aldersgruppen 75-85 år (Seethaler 1999), hvor den resterende middellevetid er 8 år. Færdselsstyrelsen anvender den gennemsnitlige årsløn i 1993 og en fast diskonteringsrate på 3%, og antager, at en dansker gennemsnitligt befinder sig 40 år på arbejdsmarkedet. Rapportens forfattere når frem til, at løntabet for en nyfødt dansker er 6,4 mill. kr. i 2000-priser. Med en dansk middellevetid på 76 år svarer det til 0,22 mill. kr. pr. år. Ganske vist befinder de berørte personer sig udenfor arbejdsmarkedet, men Færdselsstyrelsen antager, at 8 år udenfor arbejdsmarkedet kan værdisættes som 8 år på

FILTEREFFEKTIVITET PÅ 80% OVERFOR ULTRAFINE PARTIKLER FÅS DERFOR $88\% \cdot 47\% \cdot 69\% \cdot 80\% \sim 25\%$ FÆRRE HELBREDEEFFEKTER END FOR "INGEN PM_{10} "-SCENARIET (RAASCHOU-NIELSEN ET AL. 2002).

arbejdsmarkedet, og kommer dermed frem til, at et for tidligt dødsfald som følge af partikelforurening koster samfundet 1,5 mill. kr.⁴⁷

Andre helbredseffekter end dødelighed værdisat efter omkostningsbaseret metode

Akut bronkitis, dage med begrænset aktivitet og astmaanfald er prissat ud fra løntab (Meyer et al. 1994), idet det antages at et anfald af akut bronkitis kan værdisættes som en dag med begrænset aktivitet, altså 50% af en arbejdsdag. Et astmaanfald værdisættes som 25% af en arbejdsdag.

Der er ikke nogen egentlig definition på, hvad begrebet ”en dag med begrænset aktivitet” dækker over – det spænder fra et kort øjeblik med lidt utilpashed til en hel sygedag (Seethaler 1999). På denne baggrund er det i den danske ExternE-rapport vedtaget, at dagen værdisættes som en halv arbejdsdag (Meyer et al. 1994).

Prisen på en tabt arbejdsdag har Færdselsstyrelsen hentet fra den danske ExternE rapport (Meyer et al. 1994). Løntabet er i ExternE rapporten estimeret fra en gennemsnitsløn på 235.000 kr./år (1994). Ved at fremskrive løntabet fra 1994 til 2000 priser får man et beløb på 1.200 kr. for en hel dag.

Ifølge Arbejdsmarkedsrapport 2002 kostede sygefravær samfundet 34 mia. kr. i udbetalte dagpenge (inkl. arbejdsgiverbidrag) i 2000 (Dansk Arbejdsgiverforening 2002). Der var et samlet sygefravær i 2000 på 150.000 helårspersoner. Der var 225 arbejdsdage i 2000 – altså koster en gennemsnits sygedag 1.007 kr. i 2000 priser (udtrykt ved udbetaling af sygedagpenge). Hertil kommer et produktionstab på ca. 20% af sygedagpengene ifølge ovennævnte arbejdsmarkedsrapport. Man ender derfor på 1.200 kr., som er i overensstemmelse med ExternE rapporten (Meyer et al. 1994).

I Sundhedsstyrelsens DRG database findes enhedspriser på indlæggelser for en lang række sygdomme.⁴⁸ De sygdomme der typisk optræder i forbindelse med partikelforurening er infektioner og betændelsestilstande i luftvejene, iskæmiske hjertesygdomme (Wichmann et al. 2000) samt kronisk obstruktive lungesygdomme (Vrang et al. 2002). Førstnævnte koster ifølge DRG databasen 34.244 kr. eller 54.902 kr.

⁴⁶ EXTERNÉ ER ET EU-PROJEKT, SOM SKULLE BELYSE DE EKSTERNE OMKOSTNINGER FORBUNDET MED ANVENDELSE AF ENERGI. PROJEKTET BLEV AFSLUTTET I 1997.

⁴⁷ HERMED ER DER REELT SET TILLAGT EN VÆRDISÆTNING AF VELFÆRDSTAB. DERFOR ER OPGØRELSEN FOR VÆRDIEN AF TABT MENNESKELIV STRENGT TAGET IKKE OMKOSTNINGSBASERET, DA 75-85 ÅRIGE IKKE ER PÅ ARBEJDSMARKEDET, OG FORMELT IKKE BIDRAGER TIL SAMFUNDSPRODUKTIONEN.

⁴⁸ IFØLGE ÅMSTRÅDSFORENINGEN OPGIVER MAN IKKE LÆNGERE PRISER FOR INDLÆGGELSER PR. DAG, DA DISSE PRISER BLIVER ANSET FOR AT VÆRE MISVISENDE.

afhængig af om det er uden – eller med bidiagnose (2000 priser). Iskæmiske hjertesygdomme koster mellem 13.000 og 95.000 kr. afhængig af indgrebets karakter og om sygdommen er stabil eller ustabil. Endelig koster en indlæggelse for kronisk obstruktiv lungesygdom mellem 22.436 og 24.120 kr. afhængig af patientens alder.

Da det ikke kan specificeres nærmere, hvordan den relative fordeling mellem indlæggelserne er som følge af partikelforurening, noteres det blot at værdierne fra Færdselsstyrelsens rapport i hvert fald ligger indenfor ovennævnte prisområde.

Betalingsvillighed

Princippet bag metoden er, at et repræsentativt udvalg af befolkningen bliver spurgt om, hvor meget de vil betale for at undgå en given sundhedsmæssig effekt⁴⁹. Sammenlignet med den omkostningsbaserede metode giver betalingsvillighed et mere bredtfavnende resultat. F.eks. tages der højde for svie og smerte, samt ændringerne i relationer mellem mennesker og livskvalitet. Med andre ord søger man, at få værdisat hele tabet af velfærd når man udsættes for partikelforurening. Den vigtigste ulempe må siges at være, at metoden er kompliceret.

Der findes ingen danske værdisætninger af sundhedseffekterne. Derfor benyttes de tal, som Færdselsstyrelsen henviser til, og som oprindeligt stammer fra WHO rapporten (Seethaler 1999). Ulempen ved dette er, at en direkte overførsel af udenlandske betalingsvillighedsundersøgelser til Danmark giver yderligere usikkerhed i resultaterne, da forskellige samfundsforhold, kultur mv. kan give forskellige værdisætninger. Dette kaldes i litteraturen om værdisætning for problemet med ”benefit transfer”.⁵⁰

Dødelighed værdisat efter betalingsvillighed

Dødelighed er værdisat ved at bruge en teknik baseret på betalingsvillighed benævnt ”*værdien af et statistisk liv*”. En udvalgt gruppe spørges om, hvad de vil betale for at mindske risikoen for at dø. WHO rapporten har ikke udført en selvstændig undersøgelse, men derimod foretaget et konservativt skøn ud fra en række undersøgelser foretaget i bl.a. Norge og England (Seethaler 1999).

⁴⁹ FOR EN MERE DETALJERET GENNEMGANG AF METODEN HENVISES TIL WHO RAPPORTEN (SEETHALER 1999).

⁵⁰ EN MERE GENEREL TILGANG TIL BENEFIT TRANSFER KAN FINDES I DESVOUSGES ET AL. ”ENVIRONMENTAL POLICY ANALYSIS WITH LIMITED INFORMATION. PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF THE TRANSFER METHOD” (1998)

Disse undersøgelser bygger ikke på luftforurening, men derimod på pludselig død, f.eks. forbundet med trafikuheld. For at kunne bruge resultaterne ifm. luftforurening er det nødvendigt at foretage en række korrektioner⁵¹:

- Frivillighed og ansvar: Man kan selv gøre en del for ikke at blive involveret i et færdselsuheld, men man har kun lille indflydelse på eksponeringen af luftforurening. WHO rapporten vurderer at betalingsvilligheden vil blive 1,5 til 3 gange større pga. dette faktum, men der bliver ikke korrigeret for det⁵² (Seethaler 1999)
- Justering for fremskreden alder. Gennemsnitsalderen for personer der dør af luftforurening, er som allerede nævnt mellem 75 og 85 år, hvorimod den i WHO rapporten er bestemt til at være mellem 35 og 45 år for trafikdræbte. Undersøgelser viser at betalingsvilligheden for at undgå risikoen for at dø for tidligt falder kraftigt fra omkring 50 – 60 års alderen (Seethaler 1999). Aldersfordelingen for luftforureningsofre er derfor vægtet med fordelingen mellem alder og betalingsvillighed, og resultatet er, at betalingsvilligheden skal multipliceres med 0.61 (Seethaler 1999)

Andre helbredseffekter end dødelighed værdisat efter betalingsvillighed

Værdien af helbredseffekterne er fundet ved betalingsvillighedsundersøgelser for hver enkelt effekt. Dog har WHO rapporten begrænset sig til at indsamle data fra eksisterende undersøgelser (Seethaler 1999).

Opsummering på værdisætning

For at estimere de økonomiske benefits ved eftermontering af partikelfiltre, vil både omkostningsbaseret metode og betalingsvillighed blive anvendt. Der er fordele og ulemper ved begge metoder. I dette tilfælde giver den omkostningsbaserede opgørelse et konservativt nedre skøn, og betalingsvillighedsstudiet repræsenterer det øvre skøn. Priserne knyttet til de forskellige sundhedseffekter for de to anvendte værdisætninger er opstillet skematisk i Tabel 14 nedenfor.

⁵¹ FOR EN MERE DETALJERET BESKRIVELSE AF, HVORDAN VÆRDISÆTNINGEN ER FORETAGET, SE (SEETHALER 1999) OG REFERENCERNE DERI.

⁵² FAKTOREN ER IKKE MEDTAGET, DELS FORDI DEN ER FOR USIKKER, DELS FORDI FORFATTERNE BAG WHO RAPPORTEN HAR ØNSKET AT FORETAGE ET KONSERVATIVT SKØN.

TABEL 14. DE VÆRDISÆTNINGER DER ANVENDES I DENNE RAPPORT. TALLENE FOR DEN OMKOSTNINGSBASEREDE VÆRDISÆTNING ER FRA (FÆRDELSSTYRELSEN 2001). FOR BETALINGSVILLIGHED KOMMER TALLENE FRA WHO-RAPPORTEN (SEETHALER 1999). ALLE VÆRDIERNE ER OPGIVET I 2000-PRISER.

<i>Helbredseffekter</i>	Omkostningsbaseret / 1.000 kr.	Betalingsvillighed / 1.000 kr.
Dødelighed	1.500	7.409
Indlæggelser, kredsløbssygdomme	50	65
Indlæggelser, luftvejssygdomme	50	65
Kronisk bronkitis	350	1.721
Akut bronkitis	0,6	1,08
Dage med begrænset aktivitet	0,6	0,78
Astmaanfald	0,1	0,25

Priserne for betalingsvillighed er generelt højere, end de er for den omkostningsbaserede værdisætning, og det ses af tabellen, at priserne for de to metoder for visse sygdomseffekter adskiller sig væsentligt fra hinanden. For dødelighed og kronisk bronkitis er der en faktor 5 til forskel metoderne imellem. For de resterende sygdomseffekter er forskellen mindre.

Styrken ved betalingsvillighed er, at den medtager befolkningens præferencer – hvad befolkningen ønsker at betale for at undgå at blive udsat for risici. Set ud fra et velfærdsøkonomisk synspunkt er værdien for betalingsvillighed derfor mere realistisk end værdien givet ved den omkostningsbaserede opgørelse. Finansministeriet anbefaler⁵³, at man i spørgsmål der handler om trafikuheld, benytter Vejdirektoratets trafikøkonomiske enhedspriser. Enhedsprisen for en trafikdræbt person består af en

⁵³ VEJLEDNING I UDARBEJDELSE AF SAMFUNDSØKONOMISKE KONSEKVENSVURDERINGER (FINANSMINISTERIET 1999). DER FINDES IKKE LIGNENDE ANBEFALINGER PÅ LUFTFORURENINGSOMRÅDET.

omkostningsbaseret del plus en velfærdsdel⁵⁴. Priserne kan ikke anvendes til luftforurening pga. aldersperspektivet, men anbefalingen kan bruges til at argumentere for, at man bør medtage en opgørelse over tabt velfærd. Skal man derfor give nogle anbefalinger til, hvordan der handles bedst muligt set fra et samfundsøkonomisk synspunkt, bør det ske ud fra en metode, der medtager velfærdsøkonomiske værdier. Disse værdier er i denne rapport fastsat ud fra betalingsvillighed. For fuldstændighedens skyld, og fordi en omkostningsbaseret opgørelse giver ”mærkbare” nationaløkonomiske gevinster, medtages denne også i overvejelserne.

Beregninger af gevinster

Estimaterne af værdien af sparede sundhedseffekter bygger på omkostningsbaseret værdisætning og betalingsvillighed (Tabel 15). Tabellen viser estimerede nedre og øvre grænser for sparede effekter ved montering af partikelfiltre på tunge køretøjer, varebiler og taxaer. Der er regnet med en diskonteringsrate på 3% ved beregning af 2004 benefits⁵⁵.

For at undersøge resultaternes følsomhed overfor diskonteringsraten, er beregningerne også udført for diskonteringsraterne 0 % og 6 %. Det ses at intervallerne for sparede helbredseffekter er store: For tunge køretøjers vedkommende mellem 345 mio. kr. og 20 mia. kr. for den omkostningsbaserede opgørelse og mellem 1,5 mia. kr. og 86,3 mia. kr. for betalingsvillighed.

⁵⁴ VELFÆRDSTABET ER I ENHEDSPRISERNE ANTAGET AT VÆRE DOBBELT SÅ STORT SOM DEN OMKOSTNINGSBASEREDE DEL. DER ER ALTSÅ IKKE ANVENDT ET BETALINGSVILLIGHEDSSTUDIE.

⁵⁵ DER ER ANVENDT 2000-PRISER (JF. TABEL 14) SOM UDGANGSPUNKT FOR ÅR 2004, OG ÅRENE FREMOVER ER TILBAGEDISKONTERET TIL 2004-PRISER.

TABEL 15. DE SAMLEDE GEVINSTER VED AT EFTERMONTERE PARTIKELFILTRE PÅ DE TRE KØRETØJSKATEGORIER. GEVINSTERNE ER GIVET SOM INTERVALLER, SVARENDE TIL DE NEDRE HHV. ØVRE GRÆNSER FOR SPAREDE EFFEKTER. DISKONTERINGSRATEN 3 % BENYTTES, MEN 0% OG 6% MEDTAGES TIL BRUG FOR EN FØLSOMHEDSVURDERING.

	<i>Omkostningsbaseret / mio. kr.</i>	<i>Betalingsvillighed / mio. kr.</i>	<i>Diskonteringsrate / %</i>
Tunge køretøjer	394 – 22.870	1.695 – 98.649	0
	345 – 20.015	1.484 – 86.333	3
	305 – 17.727	1.314 – 76.466	6
Varebiler	233 – 13.531	1.003 – 58.368	0
	197 – 11.403	845 – 49.186	3
	168 – 9.735	722 – 41.991	6
Taxaer	5 – 287	21 – 1.238	0
	5 – 269	20 – 1.162	3
	4 – 254	19 – 1.095	6

Tabellen viser, at de positive sundhedsgevinster falder med stigende diskonteringsrate. Dette svarer til, at dødsfald og sygdom i fremtiden tillægges mindre vægt for stigende diskonteringsrate.

Ved eftermontering af partikelfiltre på varebiler ses et tilsvarende billede som for tunge køretøjer. Der er en stor spændvidde i omfanget af sparede sundhedseffekter og deraf tilhørende økonomisk gevinst. Den omkostningsbaserede opgørelse viser en økonomisk gevinst mellem 197 mio. kr. og 11,4 mia. kr. En opgørelse baseret på betalingsvillighed viser gevinster på mellem 845 mio. kr. og 49 mia. kr.

Tallene for taxaer viser, at påmontering af partikelfiltre på taxaer vil forårsage færre sundhedseffektsbesparelser set i forhold til tunge køretøjer og varebiler. Der er dog stadig usikkerhed om omfanget af de økonomiske gevinster. Den omkostningsbaserede opgørelsesmetode viser gevinster på mellem 5 mio. kr. og 269 mio. kr., og betalingsvilligheden viser gevinster på mellem 20 mio. kr. og 1,2 mia. kr.

D I S K U S S I O N

Udgangspunktet for denne rapport har været at undersøge, om det er samfundsmæssigt rentabelt at sætte partikelfiltre på udvalgte grupper af køretøjer. Rapporten bygger på eksisterende viden om partikler, filtre, sundhedseffekter samt værdisætningen deraf. Det har derfor været vigtigt, at vurdere i hvor høj grad den eksisterende viden er stor nok til at kunne bruges til at gennemføre en økonomisk vurdering af fordele og ulemper ved montering af partikelfiltre.

Sammenligning af udgifter og gevinster ved eftermontering af partikelfiltre

Eftermontering af partikelfiltre er en god investering for samfundet, hvis gevinsten ved eftermonteringerne er større end udgifterne. Målt pr. udgiftskrone skal gevinsterne altså være større end 1 kr. Sammenholdes omkostningerne ved eftermontering af partikelfiltre på tunge køretøjer (Tabel 12) med værdien af mulige besparelser fås en gevinst i intervallet 0,11-26,5 kroner pr. udgiftskrone. For varebiler vil gevinsten være 0,03-7,4 kroner pr. udgiftskrone, og for taxaer 0,03-6,7 kroner pr. udgiftskrone (Tabel 16).

TABEL 16 . GEVINST/UDGIFT FOR ALLE TRE KØRETØJSKATEGORIER. I BEREGNINGERNE ER ANVENDT DE ESTIMEREDE OMKOSTNINGER INKL. PRISUDVIKLING OG BEREGNEDE GEVINSTER VED HENHOLDSVIS OMKOSTNINGSBASERET OG VÆRDISÆTNINGSBASERET METODE.

Tunge køretøjer		<i>Lavt skøn</i>	<i>Højt skøn</i>
Omkostningsbaseret	gevinst pr. udgiftskrone	0,11	6,1
	Absolut fortjeneste (mio. kr.)	-2.946	16.724
Betalingsevillighed	gevinst pr. udgiftskrone	0,5	26,5
	Absolut fortjeneste (mio. kr.)	-1.809	83.042
Varebiler			
Omkostningsbaseret	gevinst pr. udgiftskrone	0,03	1,8
	Absolut fortjeneste (mio. kr.)	-6.110	5.096
Betalingsevillighed	gevinst pr. udgiftskrone	0,1	7,8
	Absolut fortjeneste (mio. kr.)	-5.462	42.879
Taxaer			
Omkostningsbaseret	gevinst pr. udgiftskrone	0,03	1,5
	Absolut fortjeneste (mio. kr.)	-169	95
Betalingsevillighed	gevinst pr. udgiftskrone	0,1	6,7
	Absolut fortjeneste (mio. kr.)	-154	988

Intervallerne for, hvor meget man får igen for hver udgiftskrone, er meget store, og det skyldes dels usikkerheden over omfanget af sparede sundhedseffekter, og dels forskellen i værdisætningen. Analysen viser, at for alle tre kategorier af køretøjer kan en beslutning om montering af partikelfiltre set i et samfundsmæssigt perspektiv ende med både at skabe mere velfærd eller større nettoudgifter. Det ses af Tabel 16, at varebiler og taxaer ud fra en omkostningsbaseret værdisætning kun kan give den fornødne gevinst til at modsvare investeringsudgiften, såfremt sundhedseffekterne ligger nærmere det øvre end det nedre skøn. Tages der udgangspunkt i betalingsvillighed, kan alle tre køretøjsgrupper modsvare deres investeringsudgift, selv hvis effekterne er yderst moderate, og ligger nær det nedre skøn.

For tunge køretøjer, varebiler og taxaer opnås break-even⁵⁶ som vist i Tabel 17. Det ses, at helbredseffekterne skal være omtrent 4 gange højere for den omkostningsbaserede opgørelse end for betalingsvillighed, før en indsats vil kunne tjene sig ind. Det ses af Tabel 17, at eftermontering af partikelfiltre på tunge køretøjer skal give 16% af 1274 = 204 færre dødsfald (værdisat med den omkostningsbaserede metode), før gevinsterne udligner udgifterne. Både varebiler og taxaer kræver større helbredseffekter i et tilsvarende regnestykke. Figur 12, Figur 13 og Figur 14 giver en grafisk præsentation af break-even for de tre køretøjskategorier med de to værdisætninger og varierende sundhedseffekter. Som i ovenstående regneeksempel ses der i figurene kun på dødeligheden, idet det antages, at sygdomsestimaterne følger dødelighedsestimaterne lineært. Det grønne område angiver, hvor gevinsterne ved at eftermontere partikelfiltre overstiger udgifterne. Ved sammenligning af de tre figurer ses, at det grønne område er større for tunge køretøjer end for de to andre kategorier.

TABEL 17. BREAK-EVEN FOR DE TRE KØRETØJSTYPER.

	<i>Tunge køretøjer</i>	<i>Varebiler</i>	<i>Taxaer</i>
	<i>Break-even / % af</i>	<i>Break-even / % af</i>	<i>Break-even / % af</i>
	<i>øvre skøn</i>	<i>øvre skøn</i>	<i>øvre skøn</i>
Omkostningsbaseret	16	56	65
Betalingsvillighed	4	13	15

⁵⁶ BREAK-EVEN OPNÅS NÅR GEVINSTERNE ER LIG MED UDGIFTERNE.

Tunge køretøjer

Den mest attraktive gruppe køretøjer at eftermontere partikelfiltre på er ifølge beregningerne de tunge køretøjer. Dette fremgår af såvel Tabel 16 som Figur 12. I figuren er det grønne område meget stort, hvilket indikerer, at selv en begrænset sundhedsmæssig virkning af eftermonteringerne vil give en gevinst, der er større end udgifterne. Det positive resultat skyldes, at tunge køretøjer bidrager forholdsmæssigt meget til partikkelkoncentrationen set i forhold til deres antal. Hertil kommer, at man med Odense-forsøget har dokumenteret, at eftermontering af partikelfiltre på tunge køretøjer er gennemførligt, og at den positive effekt af filtrene er vedvarende.

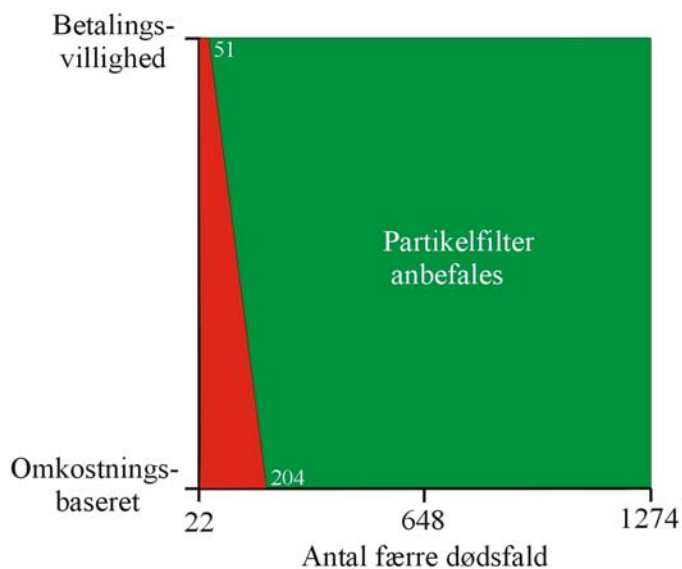
Analysen viser, at det er sandsynligt, at gevinsterne ved at eftermontere filtre på hele denne kategori er større end udgifterne. De tunge køretøjer omfatter ca. 60.000 køretøjer, hvilket er et stort antal. Derfor kan man vælge at starte med en delmængde af denne køretøjskategori. Man bør starte eftermonteringerne med de køretøjer, som kører mest i byerne, og som udsender flest partikler. Det er vanskeligt at udtale sig generelt om, hvilke køretøjer, som udsender flest partikler. Dette afhænger af stand, årgang, driftsprofil m.m.⁵⁷ Derimod er der en vis sammenhæng mellem køretøjstype og den andel af årskørslen, der foretages i byerne. Nedenstående tabel viser den estimerede emission i byerne fra forskellige typer tunge køretøjer.

TABEL 18. EMISSIONER I BYERNE PER ÅR PR. KØRETØJ FOR TUNGE KØRETØJER. DATA FRA 1999 BASERET PÅ DEN NATIONALE EMISSIONSOPGØRELSE. KILDE: (FÆRDELSSTYRELSEN 2001).

Køretøjstype	Antal	Emissioner i byer / tons/år	Emission i byer / tons/køretøj pr. år
Lastbil, 3,5-16 t	16400	90	0,005
Lastbil, 16- t	32500	250	0,008
Rutebus	4500	110	0,024
Turistbus	5300	70	0,013

⁵⁷ KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT

Tabellen viser, at rutebusserne ifølge beregningerne er den køretøjstype, som producerer den største emission per køretøj per år i byerne. Resultaterne indikerer, at det er fornuftigt, at man allerede i dag anvender partikelfiltre på bybusser i flere danske byer, heriblandt København. Efter rutebusser er turistbusser og tunge lastbiler de største årsager til emissioner af partikler i de danske byer.



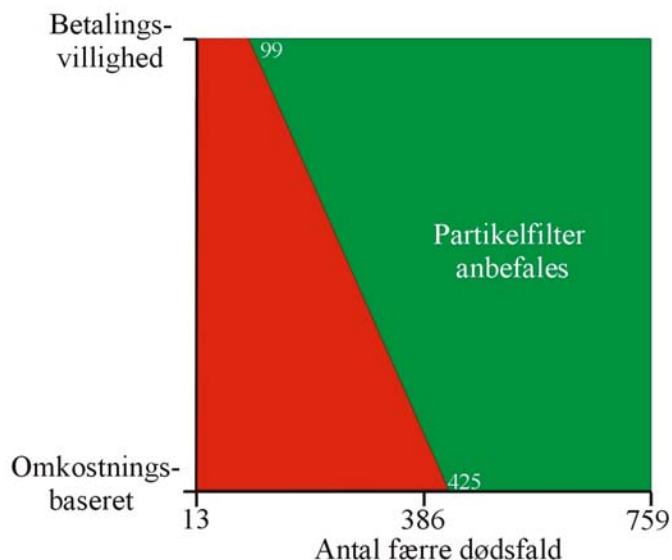
FIGUR 12. ILLUSTRATION AF HVORNÅR DET GIVER EN SAMFUNDSØKONOMISK GEVINST AT EFTERMONTERE PARTIKELFILTRE PÅ TUNGE KØRETØJER. DEN LODRETTE AKSE VISER PRISSÆTNINGEN AF SUNDHEDSSKADER, FRA EN REN OMKOSTNINGSBASERET NEDERST TIL REN BETALINGSVILLIGHED ØVERST. DET RØDE (MØRKE) OMRÅDE ANGIVER KOMBINATIONERNE AF PRISSÆTNING OG ANTAL UNDGÅEDE DØDSFALD, HVOR FORDELENE IKKE KAN OPVEJE INVESTERINGEN I PARTIKELFILTRE. DET GRØNNE (LYSE) OMRÅDE VISER, HVORNÅR GEVINSTERNE OVERSTIGER UDGIFTERNE. EN REN OMKOSTNINGSBASERET VÆRDISÆTNING GIVER SÅLEDES STØRRE GEVINSTER END UDGIFTER, HVIS EFTERMONTERINGERNE MEDFØRER MERE END 204 FÆRRE DØDSFALD PR. ÅR. FOR REN BETALINGSVILLIGHED ER DET TILSVARENDE TAL 51 FÆRRE DØDSFALD.

Varebiler

For varebilerne kan der ifølge beregningerne være samfundsøkonomiske gevinster ved eftermontering af partikelfiltre, men det kræver større sundhedseffekter end hvad er nødvendigt for tunge køretøjer (svarende til en højere break-even for varebilerne end for de tunge køretøjer). Dette ses af Figur 13, hvor det røde område er betragteligt større end tilfældet var for de tunge køretøjer i Figur 12. Det skyldes ikke, at varebilernes andel af partikelforureningen er beskedent⁵⁸, men at forureningen er spredt over mange

⁵⁸ 28% AF TRAFIKKENS BIDRAG (PALMGREN ET AL. 2001).

varebiler⁵⁹, hvilket gør den samlede omkostning høj for varebiler. Eftermontering af partikelfiltre på varebiler vil samtidig være en omfattende proces, der vil tage flere år at gennemføre.

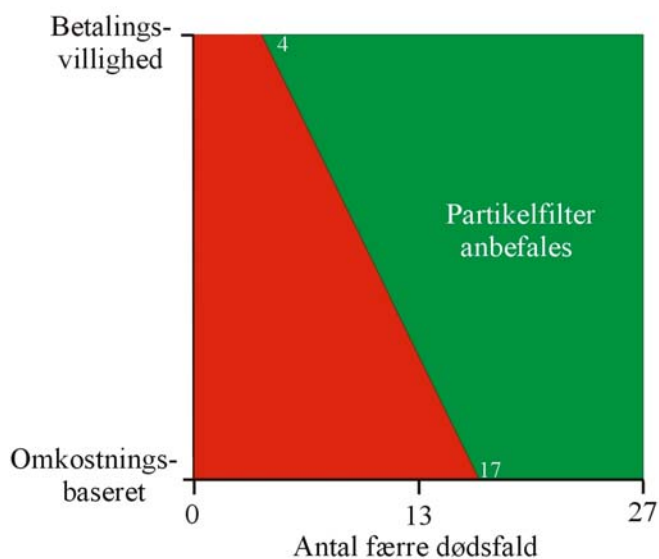


FIGUR 13. ILLUSTRATION AF HVORNÅR EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ VAREBILER GIVER EN SAMFUNDSØKONOMISK GEVINST. ANTAL FÆRRE DØDSFALD SKAL VÆRE STØRRE END 425 FØR EN REN OMKOSTNINGSBASERET VÆRDISÆTNING GIVER STØRRE GEVINSTER END UDGIFTER. FOR BETALINGSVILLIGHED ER DET TILSVARENDE TAL 99 FÆRRE DØDSFALD.

Taxaer

For taxaer er problemstillingen anderledes end for de to andre køretøjskategorier. Antallet af enheder er forholdsvis få, og derved er investeringsomkostningerne også tilsvarende lave. Taxaernes andel af den samlede partikelforurening fra trafikken er i denne rapport anslået til 1%, hvilket kun giver en begrænset helbredseffekt. Det ses at break-even for taxaer ligger på niveau med varebilerne. Estimatet for udledningen fra taxaer i denne rapport er baseret på en overslagsberegning, og der er behov for at få verificeret størrelsen af estimatet empirisk.

⁵⁹ 244.586 VAREBILER (DANMARKS STATISTIK 2002:14 2002).



FIGUR 14. ILLUSTRATION AF HVORNÅR EFTERMONTERING AF PARTIKELFILTRE PÅ TAXAER GIVER EN SAMFUNDSØKONOMISK GEVINST. ANTAL FÆRRE DØDSFALD SKAL VÆRE STØRRE END 17 FØR EN REN OMKOSTNINGSBASERET VÆRDISÆTNING GIVER STØRRE GEVINSTER END UDGIFTER. FOR BETALINGSVILLIGHED ER DET TILSVARENDE TAL 4 FÆRRE DØDSFALD.

Det begrænsede omfang af tiltaget med taxaer gør, at det kan være et attraktivt sted at starte for herved at høste de første, rigtige storskalaerfaringer. Kørselsmønsteret med mange accelerationer og en generelt god vedligeholdelsesstand gør, at taxaer egner sig til eftermontering af partikelfilter.

Der er i beregningerne af omkostninger og gevinster for taxaer regnet med, at de kører i 2 år og herefter udfases. Herefter sælges taxaerne til privat brug. Men også ved privat brug reducerer de eftermonterede filtre udledningerne af partikler, og der kan derfor påregnes en mindre gevinst, også når køretøjerne ikke længere fungerer som taxaer.⁶⁰ Denne benefit er ikke medtaget i denne rapport.

⁶⁰ DE VIL ALMINDELIGVIS FÅ ET ÆNDRET KØRSELSMØNSTER MED FÆRRE TILBAGELAGTE KILOMETRE.

Usikkerheder

Usikkerheder på filtrenes prisudvikling

Det er antaget, at priserne på partikelfiltre vil falde mærkbart i perioden efter at eftermonteringerne påbegyndes. Som startpriser anvendes de nuværende priser, og de estimerede slutpriser baseres på et kvalificeret skøn (se afsnittet om filtrenes indkøbspris s.28 ff.). Da indkøbsprisen af filteret vejer tungt i de samlede omkostninger er det klart, at skønnet for denne pris er centralt. For at illustrere vigtigheden af skønnet af indkøbsprisen, er der i Tabel 19 angivet omkostninger, hvor priserne på filtre antages ikke at falde:

TABEL 19. OMKOSTNINGER FOR DE TRE SCENARIER MED OG UDEN PRISUDVIKLING. R=3%.

<i>Køretøjstype</i>	<i>Udgift med prisudvikling / mio. kr.</i>	<i>Udgift uden prisudvikling / mio. kr.</i>	<i>Ændring / %</i>
Tunge køretøjer	3.217	4.697	46
Varebiler	6.307	8.135	29
Taxaer	174	237	36

Det ses, at den valgte prisudvikling har massiv indvirkning på de estimerede udgifter. Specielt for de tunge køretøjer har den estimerede prisudvikling stor betydning for estimaterne. Forskellen er mindst for varebiler. Dette skyldes kombinationen af store udgifter til service og en mindre udvikling i filterpriserne for varebilerne.

Udgifterne kan sammenholdes med de estimerede gevinster ved implementering af de tre scenarier (se Tabel 15 for r=3%). For alle køretøjskategorier ligger estimaterne for udgifternes størrelse inkl. prisudvikling mellem det nedre og det øvre estimat for gevinsterne størrelse. Dette gælder både for den omkostningsbaserede prissætning og for prissætningen baseret på betalingsvillighed. Dette ændres der ikke ved, hvis udgifterne beregnes på baggrund af filterpriser uden prisudvikling. Men de forøgede udgifter medfører, at omfanget af sundhedseffekter skal ligge tættere på det øvre skøn for at gevinsterne kan opveje udgifterne.

Det vurderes dog, at hvis der anvendes estimater, der er baseret på en indkøbspris uden prisudvikling, fås et meget konservativt estimat, og at estimaterne baseret på priser med prisudviklingen er mere realistiske.

Følsomhedsanalyse på diskonteringsraten

Der er i rapporten anvendt en diskonteringsrate på 3%. For at undersøge om diskonteringsraten påvirker konklusionerne væsentligt er der på såvel udgifts- som gevinstsiden også benyttet rater på 0% og 6% (se evt. Tabel 12 og Tabel 15).

TABEL 20. GEVINSTER FRATRUKKET UDGIFTERNE VED DISKONTERING R=0% OG R=6%.

	<i>Lavt skøn af helbredseffekter</i>		<i>Højt skøn af helbredseffekter</i>	
	0%	6%	0%	6%
Tunge køretøjer				
Omkostningsbaseret (mio. kr.)	-3.004	-2.766	19.472	14.656
Betalingsvillighed (mio. kr.)	-1.703	-1.757	95.251	73.395
Varebiler				
Omkostningsbaseret (mio. kr.)	-6.920	-5.464	6.378	4.103
Betalingsvillighed (mio. kr.)	-6.150	-4.910	51.215	36.359
Taxaer				
Omkostningsbaseret (mio. kr.)	-175	-164	107	86
Betalingsvillighed (mio. kr.)	-159	-149	1.058	927

Variation af diskonteringsraten giver forskelle i de resulterende samfundsmæssige gevinster. Disse forskelle vurderes dog ikke at være væsentlige taget de meget store usikkerheder ved beregning af udgifter og gevinster i betragtning.

Usikkerheder på levetiden af filtrene

Der er i analysen taget højde for, at der for en del af de tunge køretøjers og varebilers vedkommende vil skulle eftermonteres filter på køretøjet 2 gange. Dette skyldes, at filteret har en levetid, der er kortere end køretøjets. Omkostningerne til anden eftermontering udgør 10-11% af de samlede omkostninger for henholdsvis tunge køretøjer og varebiler (Tabel 21).

TABEL 21. SAMLEDE OMKOSTNINGER OG OMKOSTNINGER TIL ANDEN EFTERMONTERING. R=3%.

Køretøjstype	Samlede omkostninger / mio. kr.	Omkostninger til anden eftermontering / mio. kr.	Den anden eftermonteringsandel af de samlede omkostninger / %
Tunge køretøjer	3.217	325	10
Taxaer	174	0	0
Varebiler	6.307	686	11

Da der ikke foreligger nogle langtidserfaringer for brugen af partikelfiltre i stor skala, kan den estimerede levetid på 6 år vise sig at afvige væsentligt fra virkeligheden. Dette vil naturligvis slå igennem på omkostningerne. Omkostninger til anden eftermontering af filtre ligger langt ude i fremtiden og er derfor mere usikre, men i rapporten er anvendt den forudsagte pris på filtre til året for anden påmontering.

Usikkerheder på serviceomkostninger

Der er ikke regnet med nogen udvikling i omkostningerne til servicering af køretøjer med partikelfiltre. Priserne er baseret på Odense forsøget (Færdselsstyrelsen 2002). Der er anvendt den samme omkostning for alle køretøjstyper, da det vurderes, at den tid serviceringen af filteret tager, ikke afhænger af køretøjstypen.

Man kunne dog argumentere for, at udgifterne til service vil falde, når:

- Servicen af filteret foretages, hvis køretøjet alligevel skal på værksted
- Værkstederne får flere kunder, der skal have serviceret deres filter, og derved får lettere ved at afskrive de investeringer, der er foretaget⁶¹

Dog står det klart, at det hver gang vil tage tid at foretage den nødvendige servicering af filteret.

Specielt for varebilerne vejer omkostningerne i denne kategori tungt pga. den store bestand og et fejlskøn af serviceomkostningerne vil derfor have stor indflydelse for denne køretøjstype.

⁶¹ INVESTERING I ANLÆG OG UDSTYR UDGØR P.T. CA. 120.000 KR. (KILDE: KEN FRIIS HANSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT).

Usikkerheder forbundet med omkostninger ved forøget brændstofforbrug

Der er ikke differentieret i ekstraomkostningen til forøget brændstofforbrug i de tre scenarier. Teorien siger, at montering af partikelfiltre forårsager forøget forbrug af brændstof, men det har ikke været muligt at konstatere nogen forøgelse i Odense-forsøget eller i forsøget med PostDanmark. Omkostningen, som er af en meget begrænset størrelse (300 kr/år), er alligevel medtaget, da det ikke vurderes, at resultater fra et enkelt forsøg kan anvendes til at modsige den teoretiske beregning. I alle tre scenarier udgør omkostninger i denne kategori en forsvindende lille del af de samlede omkostninger, og det vurderes derfor, at en mindre fejl i antagelsen af størrelse af ekstraomkostningerne i denne kategori ikke har væsentlig indvirkning på det samlede resultat.

Usikkerheder på sundhedskonsekvenser

Det er valgt at benytte øvre og nedre grænser for partikelforureningens sundhedseffekter. Den nedre grænse er fastsat ud fra en luftkvalitets- og sundhedsvurdering, der benytter PM_{10} som mål (Palmgren et al. 2001). Der findes udenlandske epidemiologiske undersøgelser, som sammenkæder sygdom, herunder dødelighed, med PM_{10} og $PM_{2,5}$ (Dockery et al. 1993; Pope III et al. 2002; Pope et al. 1995; Seethaler 1999). Da der blev foretaget en større opdatering af en af de tidligere amerikanske studier (Pope et al. 1995; Pope et al. 2002), førte det til en kraftigere korrelation mellem dødsfald og $PM_{2,5}$. Det er forsøgt at benytte den nye relation til at opdatere de tal for dødelighed, der anvendes som nedre grænse.⁶² Opdateringen bevirker, at der bliver 33 færre døde ved påmontering af filtre på tunge køretøjer i stedet for 22. Vi anvender det konservative estimat på 22 i denne rapport. Stigningen viser, at dødeligheden er rimeligt bestemt ud fra PM_{10} , og dermed hvor robust den nedre grænse er fastsat i denne rapport. Den største usikkerhed ligger i, hvor mange sundhedseffekter, der kan tilskrives ultrafine partikler. Hvad dødelighed angår findes kun en enkelt undersøgelse fra Erfurt i Tyskland, der bygger på ultrafine partikler (Wichmann et al. 2000). Undersøgelsen ser kun på akut dødelighed. Resultaterne fra Erfurt undersøgelsen er overført til Danmark, og giver som resultat, at der vil være 400 færre dødsfald pr. år, hvis der påmonteres partikelfiltre på alle tunge køretøjer (Palmgren et al. 2002). Erfurt-undersøgelsen benyttes ikke i beregningerne af gevinster i denne rapport af følgende årsager:

⁶² STEFFEN LOFT, PRIVAT KORRESPONDANCE.

- Den ser kun på akut dødelighed og er af tidsserietypen. En tidsserieundersøgelse giver ikke det fulde billede af virkningerne af partikelforureningen, da den ikke medtager kroniske sygdomme som fører til dødsfald (Kunzli et al. 2001; McMichael et al. 1998).
- Der skal anvendes nogle ret grove antagelser ved overførslen til danske forhold. F.eks. antages det, at der bor 3 mio. danskere under lignende forhold som i Erfurt. ”Lignende forhold” antages at være byer med mere end 1.000 indbyggere – til sammenligning har Erfurt 200.000 indbyggere (Palmgren et al. 2002).
- Der er et stort usikkerheds-interval omkring det centrale estimat på 400, da man kun kan sige at partikelfiltre på tunge køretøjer vil give mellem 0 og 800 færre dødsfald pr. år.

I stedet er det antaget, at der findes en øvre grænse for, hvor mange der dør af partikelforurening. Denne grænse er givet ved at alle sundhedseffekter skyldes ultrafine partikler (se afsnittet ”Sundhedsmæssige konsekvenser” s. 38). Den overførte værdi fra Erfurt-undersøgelsen (400 for tidlige dødsfald) er indenfor de nedre og øvre grænser på henholdsvis 22 og 1274 færre døde ved påmontering af filtre på tunge køretøjer. Om det virkelige tal er nærmere 1274 end 22, og dermed om gevinsterne ved påsætning af partikelfiltre er nærmere den øvre grænse end den nedre, afhænger af hvor farlige de ultrafine partikler er i forhold til PM_{10} . Jo farligere de ultrafine partikler er, desto nærmere vil virkningen være på den øvre grænse. Erfurt-undersøgelsen kan derfor betragtes som belæg for en sandsynliggørelse af, at den ultrafine fraktion af partikler i PM_{10} har en væsentlig helbredsmæssig effekt.

Hvis man ikke stiller sig tilfreds med grænseværdier, men ønsker et enkelt tal for de helbredsmæssige konsekvenser af partikelforurening, skal man gøre sig klart, at der må påregnes at gå adskillige år, inden de første langtidsstudier omhandlende ultrafine partikler kommer med resultater. Når resultaterne kommer, skal de overføres til danske forhold. For at dette kan lade sig gøre, vil det som minimum være et krav, at der foreligger danske målinger af ultrafine partikler i bybaggrunden. Dette arbejde er endnu ikke påbegyndt, og der må påregnes omkring 3 år fra opstart, til brugbare resultater eksisterer.⁶³ Derved bliver man som beslutningstager sat i et tidsdilemma, idet gevinsterne ved eftermontering af partikelfiltre er afhængigt af indfasningstidspunktet.⁶⁴

⁶³ STEFFEN LOFT, INSTITUT FOR FOLKESUNDHEDSVIDENSKAB, PERSONLIG KORRESPONDANCE

⁶⁴ MAN MISTER POTENTIELLE GEVINSTER VED AT VENDE MED AT PÅBEGYND EFTERMONTERINGEN.

Manglen på valide danske data medfører, at anvendelse af øvre og nedre estimater er den bedste løsning.

Usikkerheder på værdisætning af sundhedskonsekvenser

Der er blevet anvendt to værdisætningsstudier, hvoraf det ene er omkostningsbaseret, og det andet baseret på betalingsvillighed. Metoderne har hver deres fordele og ulemper. Den omkostningsbaserede undersøgelse giver en lavere værdisætning, da der kun medtages konkrete omkostninger. Prissætningen skal betragtes som den pris, samfundet taber på at et menneske rammes af sygdom eller død.

I kraft af manglende danske undersøgelser baseret på betalingsvillighed er der blevet brugt et udenlandsk WHO studie (Seethaler 1999). Der er i den forbindelse nogle forhold, som influerer på værdisætningen, som man skal være opmærksom på, såsom kulturforskelle, sociale forhold mv. Disse forhold kan medføre forskellige værdisætninger fra land til land. Derudover bygger værdisætningen af tabt liv på "pludselig død"⁶⁵, hvor ofrene har en anden aldersfordeling end for luftforurening. Der er derfor korrigeret for alder i de anvendte estimater, men selvom korrektionen fremkommer ud fra en valid videnskabelig betragtning, vil der være en usikkerhed på resultatet, som det ikke er muligt at kvantificere.

⁶⁵ PLUDSELIG DØD KAN F. EKS. VÆRE UDFALDET AF EN TRAFIKULYKKE.

K O N K L U S I O N

Konklusionerne i denne rapport beror på en række estimater

Udgifter

- Prisudvikling på filtre
- Serviceomkostninger
- Omkostninger til forøget brændstofforbrug
- Omkostninger til ekstra eftermontering af filter

Gvinster

- Prissætning af helbredseffekter
- Størrelse af helbredseffekter

Det vurderes, at de største usikkerheder ligger i opgørelsen af gevinsterne, hvor specielt fastlæggelsen af omfanget af helbredseffekter er usikkert.

På baggrund af beregninger baseret på ovennævnte skøn kan der drages følgende konklusioner omkring de tre køretøjskategorier:

Tunge køretøjer

Denne kategori af køretøjer er den bedst egnede kategori til eftermontering, og beregningerne viser, at samfundet kan opnå en betydelig nettogevinst ved at foretage eftermonteringer af partikelfiltre på denne køretøjskategori.

Konklusionen gælder også uden den valgte prisudvikling på filtrene. I Odenseforsøget er der opnået konkrete erfaringer med eftermontering af filtre på denne køretøjskategori. Erfaringerne fra dette forsøg kan med fordel anvendes i andre af Danmarks byer. Hvis det vurderes, at eftermontering af filtre på alle tunge køretøjer er for omfattende, kan man udvælge den del af de tunge køretøjer, som kører meget i byerne, som f.eks. rutebusserne.

Varebiler

Beregningerne kan berettiggende eftermontering af filtre på denne køretøjskategori. Dog kræves betydeligt højere helbredseffekter for at gevinsterne overstiger udgifterne. Det store antal køretøjer i kategorien medfører, at eftermontering af filtre på varebiler vil være en meget stor opgave.

Taxaer

Forholdet mellem gevinster og udgifter er på samme niveau som for varebilerne. Der er dog en række forhold, der gør, at taxaer er mere interessante end varebiler: Deres overkommelige antal bevirker, at de er velegnede som et første storskala-forsøg med personbiler. Taxaer har et kørselsmønster, der er velegnet til brug af partikelfilter, og ydermere kan de betragtes som en del af den kollektive transport, og bør derfor opfylde krav som f.eks. bybusser.

Der er en række forhold, der gør sig gældende i forbindelse med ovenstående konklusioner:

1. De anvendte estimater er behæftet med meget væsentlige usikkerheder pga. den begrænsede viden på området
2. Tiden arbejder imod eftermontering af filtre på køretøjer. Det kan forventes, at køretøjer indenfor de kommende år vil blive udstyret med partikelfilter som standard. Gevinsterne ved eftermontering af partikelfiltre falder derfor fra år til år
3. Hvis det skønnes, at de ovennævnte usikkerheder ikke berettiger til en gennemførelse af eftermontering på en køretøjskategori generelt, bør det overvejes, om der kan udpeges en delmængde af disse køretøjer, som står for størstedelen af udledningen af partikler i byerne, som det f.eks. er tilfældet for rutebusser og skraldevogne.

T A K T I L

I arbejdet med denne rapport har en lang række personer bidraget med information, råd og vejledning. Projektmedarbejderne vil først og fremmest takke Seniorforsker Finn Palmgren Jensen, DMU, og Seniorforsker Ole Hertel, DMU, Professor Steffen Loft, Institut for Folkesundhedsvidenskab på Københavns Universitet, samt Forskningsprofessor Ole John Nielsen Kemisk Institut, Københavns Universitet for gennemlæsning af rapporten og konstruktiv kritik.

Herudover vil vi gerne takke Ken Friis Hansen, Teknologisk Institut, som har bidraget med en lang række nyttige oplysninger omkring partikelfiltre, teknologien bag dem og omkring den forventede prisudvikling på dem. Herudover har Morten Winther, DMU været yderst behjælpelig med at udarbejde estimerne over emissionerne fra taxaer.

Ligeledes vil vi Herudover vil vi gerne takke Civilingeniør Christel Louise Søgaard Madsen, Færdselsstyrelsen, Niels-Anders Nielsen, Færdselsstyrelsen, Jan Hartmann, Silentor, Lars Frederiksen, Glextech og Frank Kruse, Glextech for deres hjælpsomhed i forbindelse med udarbejdelse af rapporten

Forfatterne bærer dog alene ansvaret for rapportens resultater og konklusioner.

Referencer

- Danmarks Statistik 2002:14 2002 *Transport. Motorparken pr. 1. januar 1998-2002.*
- Dansk Arbejdsgiverforening 2002 *Arbejdsmarkedsrapport 2002.* Dansk Arbejdsgiverforening.
- Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., Ferris, B. G., Spéizer, F. E. 1993 An Association between Air Pollution and Mortality in six U.S. Cities. *The New England Journal of Medicine* 329:1753-9
- Færdselsstyrelsen 2001 *Partikelfiltre på tunge køretøjer.* Færdselsstyrelsen.
- Færdselsstyrelsen 2002 *Storskalaforsøg med partikelfiltre på tunge køretøjer i Odense.* Færdselsstyrelsen.
- Finansministeriet 1999 *Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger* ISBN: 87-7856-307-0. Finansministeriet.
- Hertel, O. & Berkowicz, R. 2000 *NO2 niveauet i bygader ved anvendelse af CRT partikelfiltre.* København: Færdselsstyrelsen.
- Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P., van den Brandt, P. A. 2002 Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The Lancet* 360:1203-9
- Jensen, M. P., Køster, H., Jensen, S. S., Hertel, O. 2001 *Miljøzoner, partikler og sundhed - Miljøprojekt Nr. 620.* Miljøstyrelsen.
- Ken Friis Hansen 2002 *To nye teknologier til renere luft.* Teknologisk Institut.
- Kunzli, N., Medina, S., Kaiser, R., Quenel, P., Horak, F., Jr., Studnicka, M. 2001 Assessment of Deaths Attributable to Air Pollution: Should We Use Risk Estimates based on Time Series or on Cohort Studies? *American Journal of Epidemiology* 153(11):1050-5
- Larsen, P. B., Larsen, J. C., Fenger, J., Jensen, S. S. 1997 *Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik* Miljøprojekt nr. 352. København: Miljøstyrelsen.
- McMichael, A. J., Anderson, H. R., Brunekreef, B., Cohen, A. J. 1998 Inappropriate use of daily mortality analyses to estimate longer-term mortality effects of air pollution. *Journal of American Medical Association* 27:450-3
- Meyer, H., Morthorst, P. E., Schleisner, L., Meyer, N. I., Nielsen, P. S., Nielsen, V. 1994 *Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter i forbindelse med energiproduktion* Risø-R-770(DA). Forskningscenter Risø.
- Palmgren, F., Wåhlin, P., Berkowicz, R., Loft, S. H., Raaschou-Nielsen, O. 2002 *Partikelfiltre på tunge køretøjer i Danmark - opdatering pr. 5. juni 2002 (Udkast).* Danmarks Miljøundersøgelser. www.dmu.dk

- Palmgren, F., Wåhlin, P., Berkowicz, R., Hertel, O., Jensen, S. S., Loft, S., Raaschou-Nielsen, O. 2001 *Partikelfiltre på tunge køretøjer i Danmark - Luftkvalitets- og sundhedsvurdering*. Faglig rapport 358. Danmarks Miljøundersøgelser.
- Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G. D. 2002 Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *Journal of American Medical Association* 287(9):1132-41
- Pope, C. A., Thun, M. J., Namboodiri, M. M., Dockery, D. W., Evans, J. S., Speizer, F. E., Heath, C. W. 1995 Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S: Adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 151:669-74
- Raaschou-Nielsen, O., Palmgren, F., Jensen, S. S., Wåhlin, P., Berkowicz, R., Hertel, O., Vrang, M.-L., Loft, S. H. 2002 *Helbredseffekter af partikulær luftforurening i Danmark - et forsøg på kvantificering*. Den Almindelige Danske Lægeforening.
- Seaton, A., MacNee, W., Donaldson, K., Godden, D. 1995 Particulate air pollution and acute health effects. *The Lancet* 345:176-8
- Seethaler, R. 1999 *Health costs due to road traffic-related air pollution*. Bern, Schweiz: Federal Department of Environment, Traffic, Energy and Communications, Bureau for transport studies.
- Vander, A. J., Sherman, J. H., Luciano, D. S. 1994 *Human Physiology*. New York: McGraw-Hill.
- Vrang, M.-L., Hertel, O., Palmgren, F., Wåhlin, P., Raaschou-Nielsen, O., Loft, S. H. 2002 Helbredseffekter af trafikgenererede ultrafine partikler. *Ugeskrift for læger* 164:3937-41
- Wichmann, H.-E., Spix, T., Tuch, T., Wolke, G., et al. 2000 *Daily mortality and fine and ultrafine particles in Erfurt, Germany*98. Health Effects Institute.

APPENDIKS A: BEREGNINGER AF TAXAERS BIDRAG TIL PARTIKELFORURENINGEN

Dette appendix indeholder en opgørelse af den samlede partikelemission fra personbiler i byer i Danmark i 2002, en beregning af taxaerne årlige emissioner på landsplan i byer og endeligt en beregning af dieseltaxaers andel af den samlede emission. Tallene benyttes til at estimere dieseltaxaers andel af partikelforureningen i byer i Danmark.

Emissioner fra personbiler i danske byer

Til beregning af partikelemissionerne ved bykørsel i Danmark i år 2002 er DMU's prognosemodel anvendt. De bagvedliggende trafik- og bestandsdata er oplyst af Vejdirektoratet og prognosemodellens beregningsmetode er konsistent med den europæiske emissionsmodel COPERT III. Emissionsdata for dieseldrøjetøjer stammer fra COPERT III, mens data for benzindrøjetøjer er hentet fra hollandske målinger.

TABEL A.1 OPLYSNINGER FRA COPERT III OM DEN SAMLEDE PARTIKELEMISSION I BYER I DANMARK I 2002 FRA PERSONBILER. KILDE: MORTEN WINThER, DMU.

	<i>Partikelemission fra personbiler i danske byer/ tons/år</i>
Benzin	98
Diesel < 2 l.	224
Diesel > 2 l.	12

Beregning af bidrag fra taxaer

Vejdirektoratets oplyser, at bestanden af dieseltaxaer i Danmark i 2001 er 5404. Det antages at hhv. 1/3 og 2/3 tilhører emissionsklasserne Euro II og III. Emissionen for taxier kan beregnes ved en gennemsnitlig årskørsel på 100.000 km og bykørselsandele på 60, 70 og 80%. Koldstartsemissionen fra taxaer antages at være minimal og er derfor ikke medtaget i beregningen. Dieseltaxaerne antages at have motorstørrelser på mere end 2 liter. Det antages i denne rapport, at taxaer tilbagelægger 70% af de 100.000 km/år i byerne.

TABEL A.2 MOTORSTAND, BESTAND, ANTAGET ÅRSKØRSEL, PARTIKELEMISSIONSFAKTORER OG PARTIKELEMISSIONER

I BYERNE I 2002 FOR DIESEL TAXIER, KILDE: MORTEN WINTHER, DMU.

	Motor-stand	Antal	Kørsel / km	Emissionsfaktor	Årlig emission fra taxaer v 60% bykørsel/ tons/år	Årlig emission fra taxaer v 70% bykørsel/ tons/år	Årlig emission fra taxaer v 80% bykørsel/ tons/år
Diesel Taxa >2,0 l	Euro II	1801	100000	0.072	6	7	8
Diesel Taxa >2,0 l	Euro III	3603	100000	0.052	9	10	12
Total , Diesel Taxa >2,0 l					15	18	20

I COPERT III skelnes der ikke mellem motorstørrelser for dieselpersonbilernes partikelemissionsfaktorer. Derfor er der i de ovenstående beregninger ikke taget højde for, at dieslbiler med store motorer forventeligt har en højere emission end dieslbiler med mindre motorer. I den tysk-schweizisk-østrigske model "Handbook Emission Factors ver. 1.2" angives faktorerne for de to motorstørrelser separat, og et begrænset tillæg på emissionsfaktoren for dieselpersonbiler > 2 l. angives at være på omtrent 20% ift. faktoren for dieselpersonbiler < 2 l. ved bykørsel.

Beregning af taxaernes bidrag

På baggrund af de ovenstående oplysninger omkring den samlede emission fra personbiler i danske byer i 2002 kan taxaernes bidrag til emissionerne fra personbiler i danske byer estimeres til

$$18 \text{ tons} / (98 \text{ tons} + 224 \text{ tons} + 12 \text{ tons}) = \text{ca. } 5\%.$$

Dette forhold anvendes sammen med oplysninger om personbilernes bidrag til partikelemissionen i København til at estimere taxaers andel af partikelemissionen i København. Personbilernes andel af trafikens bidrag til PM_{10} i København er i (Palmgren et al. 2001) estimeret til 25%. Derfor kan *taxaernes andel af trafikens bidrag til PM_{10} i København* estimeres til

$$25\% * 5\% = \text{ca. } 1\%$$

Dette resultat antages at gælde for andre danske byer. Hvis der er flere taxaer i København end i en dansk gennemsnitsby, vil beregningen undervurdere taxaernes bidrag til partikelemissionerne i København.