



Region Midtjylland
Regional Udvikling
Att.: Henrik Brask Pedersen
Skottenborg 26
8800 Viborg

Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
DK-8000 Århus C
Telefon 72 20 10 00
Telefax 72 20 10 19

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

30. juni 2008
LOD/MRI

Teknologisk Instituts kommentarer til henvendelse fra Socialdemokratiet til Region Midt om udbygning af forsøg med afprøvning af biodiesel

Introduktion

I en henvendelse fra Socialdemokraterne til Region Midtjylland lægges der op til, at storskalaforsøg med iblanding af 5% biodiesel udvides til også at inkludere montering af efterbehandlingssystemer på regionens busser. Dette for at kombinere anvendelsen af biobrændstof med tiltag, som gavner sundheden. Teknologisk Institut er blevet bedt om at kommentere denne henvendelse.

Baggrund for omtalte biodieselprojekt

Tyskland og Østrig startede for over 20 år siden med anvendelse af biodiesel. Danmark kom med omkring 2006 som følge af EU's politik på området, hvor man ville have biobrændstoffer ind i transportsektoren¹. I Danmark har man fra politisk side foretrukket at anvende biobrændsler i store kraftværker pga. en større udnyttelsesgrad og en enklere håndtering. Som en konsekvens af dette er størstedelen af den danske produktion af biodiesel hidtil blevet eksporteret. Et eksempel på dette er Emmelev Mølle, som producerer rapsoliebaseret diesel, RME. Som følge af et EU-direktiv¹ blev der sat en konkret målsætning for udrulning af biobrændstoffer i Danmark på 0,1% for årene 2009-10. Folketinget vedtog i 2006 at opfylde målsætning ved hjælp af en støtteordning, hvor der blev afsat 60 mio. kr.² Ny målsætning fra EU om krav til 5,75% i 2010 medførte dog, at den oprindelige målsætning for støtteordning blev revideret. De 60 mio. kr. blev aktiveret via Færdselsstyrelsen, som udstedte en bekendtgørelse³ og aktiverede en udbudsrunde, hvor projektforslag blev indkaldt. Resultatet blev fire projekter, tre med et budget på ca. 15 mio. kr., og et med et budget på ca. 7 mio. kr., som løber over 1½ år og er blevet opstartet i løbet af maj 2008.

¹ EU-direktiv 2003/30/EF

² Folketingets aktstykke nr. 168

³ Færdselsstyrelsens bekendtgørelse nr. 1258

Projekt 1 – Projektleder: Teknologisk Institut

- 10-30% iblanding AFME (Animal Fat Methyl Ester)
- Flåde: 160 busser, lastbiler og varevogne i Holstebro, Esbjerg og Odense
- Flere af køretøjerne har allerede filter monteret.
- Filtre af forskellige typer vil blive monteret og testet på 8 udvalgte biler. Test skal afgøre, om filtre kan holde til biobrændstoffet AFME. Der bliver bl.a. gennemført 1000 motorolieprøver.

Projekt 2 – Projektleder: NIRAS

- 10-100% iblanding af RME (Rapsseed Methyl Ester)
- Flåde: Et større antal busser, lastbiler og varevogne på Sjælland
- Testprogram defineret for 4 køretøjer.

Projekt 3 – Projektleder: DAKA/CBMI - Skrivelsen vedrører dette projekt!

- Projekt i samarbejde med Oliebranchens Fællesrepræsentation (OFR) samt Region Midt.
- Udrulning af brændstof med 5% iblanding af AFME, som overholder EN590-standarden for dieselbrændstoffer, på et stort antal udvalgte tankstationer i Århusområdet.
- Flåde: Person- og varebiler i området samt alle busser knyttet til Midttrafik, Århus Sporveje (ca. 250) og De Grønne Busser (ca. 50).
- Der er ikke defineret noget testprogram i projektet.

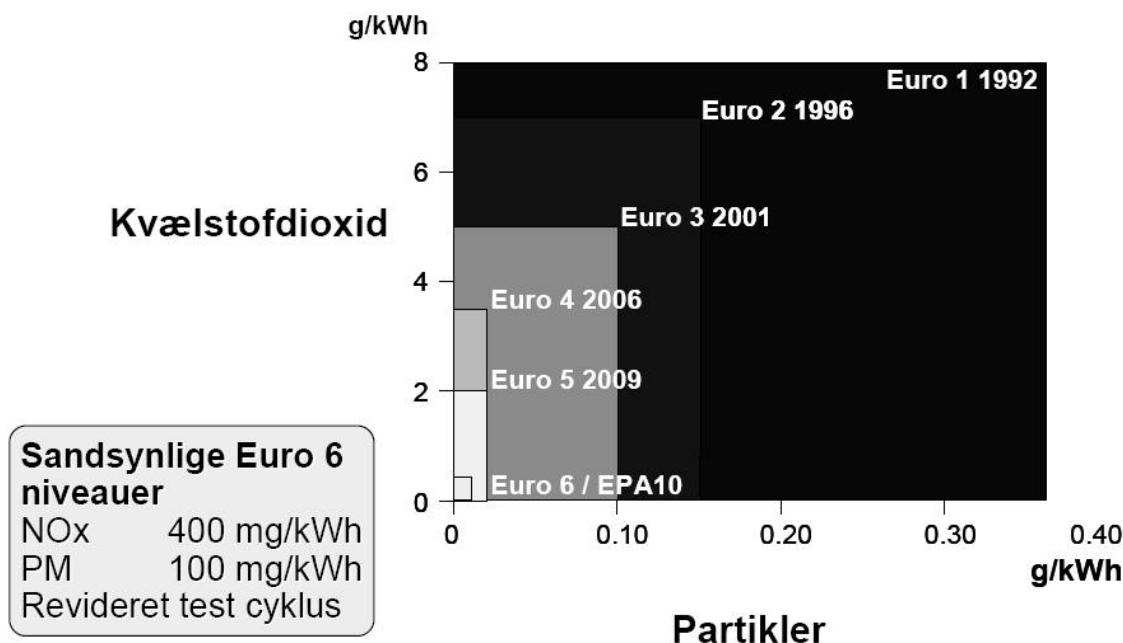
Projekt 4 – Projektledere DTU, Odense Kommune og Teknologisk Institut

- 100% koldpresset rapsolie
- Flåde: 16 busser og 15 varebiler i Odense
- Fokus på ombygning af biler
- Omfattende testprogram for filtre

Færdselsstyrelsen har fastlagt, at Teknologisk Institut skal være fælles måleinstitut for de fire projekter.

Baggrund for anvendelse af efterbehandlingssystemer

Siden 1992 har alle tunge køretøjer være underlagt europæiske direktiver for tilladte emissionsniveauer. Direktiverne har været en stor udfordring for bus- og lastbilsproducenterne, som over tiden fra 1992 til i dag har udviklet motorer med reduceret brændstofforbrug og reduceret udledning af henholdsvis kvælstofoxider (NO_x) med mere end 75% og partikler med mere end 95% målt i masse.



Ekspertinden inden for branchen har tidligere vurderet, at Euro V-kravene ville nødvendiggøre brug af katalysatorer til fjernelse af NO_x. Nogle af producenterne har dog valgt at følge et andet spor og klarer i dag Euro V uden efterbehandling. Om Euro VI fra 2013 kan klares uden efterbehandling er stadig uvist. Der arbejdes med to teknologier, hvor den ene populært sagt håndterer emissionerne ved ren forbrænding i motoren (EGR), den anden via mindre ren forbrænding kombineret med en katalysator (SCR).

EGR (Exhaust Gas Recirculation)

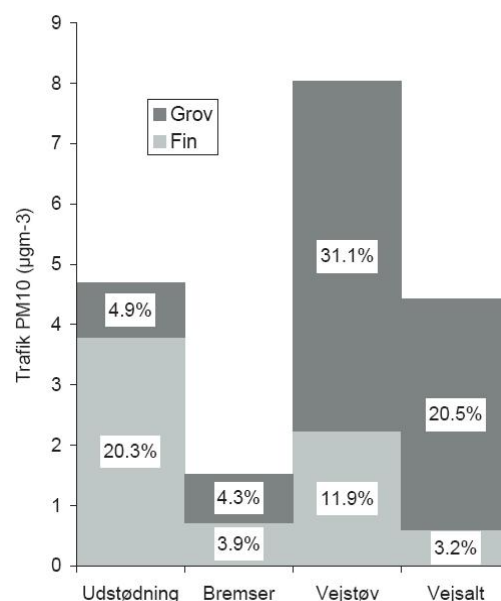
I motorer med høj EGR recirkuleres udstødningsgas fra udstødning til indsugningsmanifold. Forbrænding optimeres bl.a. med højt indsprøjtningstryk og muliggør høj virkningsgrad og lave partikelemissioner, samtidig med at recirkulation af udstødningsgas leder til lavere forbrændingstemperatur og dermed lavere NO_x-emissioner.

SCR (Selective catalytic reduction)

Ved anvendelse af katalysator fjernes NO_x kemisk via reaktion med NH₃, som lagres på køretøjet som AdBlue. Da katalysatoren tager sig af NO_x-emissionerne, kan motorerne optimeres for optimal virkningsgrad og lave partikelemissioner. Processen nødvendiggør, at der installeres en AdBlue-tank og et doseringssystem på køretøjet.

Partikler

Ultrafine partikler er partikler med en diameter under 0,1 µm. Til sammenligning har fine partikler en diameter op til 2,5 µm (PM_{2.5}) og grove partikler en diameter over 2,5 µm. Ofte anvendes en måleteknisk øvre grænse på 10 µm, hvorved betegnelsen PM₁₀ fremkommer.



Den danske trafiks bidrag til luftens indhold af $PM_{2,5}$ og PM_{10} er ud fra en relativ betragtning ringe, medmindre der måles meget tæt på trafikken. I den københavnske bybaggrund (målt over hustagene) er trafikens bidrag i gennemsnit 8% af PM_{10} og 4% af $PM_{2,5}$. De største PM -værdier er målt på H.C. Andersens Boulevard i København, hvor $PM_{2,5}$ og PM_{10} i perioden juli 2002 – juni 2003 i gennemsnit var henholdsvis $26,7 \mu g m^{-3}$ og $43,7 \mu g m^{-3}$. Heraf udgjorde trafikens bidrag henholdsvis 26% og 44%⁴. Størstedelen af PM_{10} udledningen stammer fra vejsalt, bremses, vej og dækstøv, hvorimod omkring halvdelen af $PM_{2,5}$ -udledningen kommer fra udstødningen, se tabel (sommer/vinter måling), hvor den lyse gråtone viser $PM_{2,5}$, mens lys+mørk viser PM_{10} . Hvis man antager, at busser står for ca. 30% af den tunge trafik på H.C. Andersens Boulevard, vil potentialet mht. at montere partikelfiltre med 100% virkningsgrad på alle busser kunne estimeres til 3% både for PM_{10} og $PM_{2,5}$. Potentialet for PM_{10} og $PM_{2,5}$ er derfor begrænset men højst sandsynligt også mindre relevant, da det generelt vurderes, at ultrafine partikler udgør et større problem for de tunge køretøjer.

Det er en udbredt opfattelse, at de europæiske Euro VI krav, som forventes at træde i kraft fra 2013, vil lede til så lave emissioner fra udstødningsrørene, at fokus bør vendes mod effektivitet, dvs. reduceret CO_2 -udledning, partikelemissioner fra dækslidtage og bremseslidtage, støj mm. En joker i den sammenhæng er dog de ultrafine partikler. Som en følge af emissionskravene til tunge køretøjer udleder de moderne dieselmotorer en faldende mængde partikler målt i masse, men det er en generel opfattelse, at udledningen af ultrafine partikler stiger målt i antal. Forskning peger på, at udledning af ultrafine partikler får indflydelse på vores helbred, og ny tysk forskning peger på, at jo flere ultrafine partikler, der findes i luften, jo større er sandsynligheden for, at mennesker vil få hjerte-kar-sygdomme. Det bør i den forbindelse nævnes, at den kommende EURO VI-norm vil inkludere grænser for partikelantal, hvilket domineres af ultrafine partikler. De nuværende europæiske emissionskrav adresserer ikke problematikken omkring ultrafine partikler.

Teknologisk Instituttet har i forbindelse med flere projekter gennemført målinger på både lette og tunge køretøjer, herunder også busser, som klart viser, at partikelfiltre, når de er serviceeret og vedligeholdt korrekt opsamler partikler meget effektivt. Det gælder alle fraktioner af partikler, også de ultrafine partikler⁵. Der er ligeledes gennemført adskillige målinger på udenlandske institutter, som viser tilsvarende resultater. Det er ikke usædvanligt med virkningsgrader over 99% på både antal og masse.

Udfordringen er regenerering af filtrene. Partikelfiltre findes i mange forskellige kvaliteter, og det er en generel problematik, at for lave udstødningstemperaturer kan medføre mangelfuld regenerering. Desuden kan dårlig vedligehold let lede til tilstopning af filteret med øget brændstofforbrug og øgede emissioner til følge. Ved eftermontering af filtre ser man desværre, at der ofte vælges for billige systemer. De billigste systemer er katalytiske, enten med katalytisk belægning på overfladen i selve filtermonolitten eller i en forkatalysator. De lidt mere professionelle anvender additivbaserede systemer, som ved hjælp af additiv doseret i brændstoffet sænker den temperatur, partiklerne kan afbrændes ved i filtret. Sværvægterne, som princi-

⁴ Wählin & Palmgren, 2004

⁵ Færdselsstyrelsen J. nr. 2002-5061-41

pielt burde kunne klare det hele, er systemer med aktiv regenerering, dvs. med enten elopvarmning eller dieselbrænder i forbindelse med filtret.

Det er sandsynligt, at de fremtidige europæiske emissionskrav vil lede til, at henholdsvis alle nye varebiler fra 2010 og alle nye busser og lastbiler fra 2013 vil blive leveret fra producenterne med partikelfilter.

Prisen for et filter afhænger i sagens natur meget af, hvilken model man vælger, og hvilket køretøj man har, men den vil formentlig svinge mellem 25-75.000 kr. ekskl. montage og kalibrering.

Kvælstofoxid

I nedenstående tabel fremgår den forventede fordeling af trafikskabte NO_x-emissioner i 2010 på køretøjskategorier beregnet for hverdage for H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej⁶.

Tabel 2.5 NO_x emission og køretøjsfordeling på hverdage i 2010 i basisscenarie (%)

Køretøjskategori:	HC Andersens Boulevard		Jagtvej	
	NO _x emission (%)	Køretøjer (%)	NO _x emission (%)	Køretøjer (%)
Personbiler	24	77,3	29	76,9
Taxier	21	8,9	19	7,9
Varebiler	24	10,1	30	12,1
Lastbiler under 32 t	16	2,1	11	1,8
Lastbiler over 32 t	5	0,4	3	0,2
Busser	9	1,2	7	1,1
I alt	100,0	100,0	100	100,0

Som det fremgår af tabellen, bidrager den tunge trafik med 20-30% af NO_x-emissionen, selvom den tunge trafik kun står for 3-4% af køretøjerne. Busser står for knap 10% af NO_x-emissionerne og vil med en 80-90% reduktion på de køretøjer, som ikke allerede overholder Euro IV/V kunne lede til en overordnet reduktion af NO_x på ca. 5%. I busgader vil potentialet naturligvis være større.

Eftermontering af SCR-katalysatorer følges ofte af en omkalibrering af motoren, hvor motorens udledning af NO_x øges for at kunne optimere motorens virkningsgrad og samtidig reducere mængden af partikler. De øgede NO_x-emissioner fra motoren fjernes så med SCR-katalysatoren. SCR-katalysatorens effektivitet bliver derfor kritisk. En defekt katalysator vil føre til endnu højere emissioner end oprindeligt. F.eks. kan et køretøj med SCR-katalysator, hvor AdBlue-tanken løber tør eller fyldes med vand, lede til stærkt forhøjede emissionsniveauer.

Omkostningen ved montage af SCR-katalysator vil ligge i intervallet mellem 35.000 og 45.000 kr. Foruden selve filteret består omkostningerne af 10.000 kr. til AdBlue-tank og doseringssystem og 10.000 kr. til montage og kalibrering.

⁶ Virkemidler til overholdelse af NO₂ grænseværdier for luftkvalitet i København, Miljøkontrollen, 2005.

Generelle kommentarer til kombination af biodiesel og filtre

Funktionen af filtre og katalysatorer vil påvirkes af biodiesel. Behov for vedligehold kan øges bl.a. pga. askeindholdet, men tendensen er ikke undersøgt til bunds. Denne problematik analyseres til dels i ovennævnte "Projekt 1" af Teknologisk Institut, som dog vurderer, at den målte effekt vil være begrænset ved lave koncentrationer såsom B5 og B10. Iht. til EN590-standarden for biobrændstoffer skal motorproducenternes garanti gælde for iblanding af op til 5% AFME. Dette gælder i sagens natur også for efterbehandlingsudstyr.

Med hensyn til føromtalt projekt 3 (OFR – Region Midt) vil introduktion af efterbehandlingssystemer udgøre et særskilt problem, som risikerer at belaste projektet. Såfremt der opstår driftsproblemer med køretøjer tilknyttet projektet, vil det skulle udredes, hvorvidt disse problemer skyldes biodiesel, efterbehandlingsudstyr eller kombinationen heraf.

Generelle kommentarer til information i henvendelse

"Miljøstyrelsen har beregnet, at montering af SCR-katalysatorer på busser og lastbiler gavner samfundets økonomi med ca. 220 millioner kroner årligt i form af sparede udgifter på sundhedsområdet."

Det er korrekt, at en rapport fra Miljøstyrelsen⁷ konkluderer dette. I analysen er en af forudsætningerne, at den nødvendige udrustning kan anskaffes, monteres og kalibreres for 35.000 kr. På Teknologisk Institut vurderer vi, at udgiften for katalysator, AdBlue-tank, AdBlue-doseringsudstyr samt montage og kalibrering vil løbe op i 35-45.000 kr. pr. køretøj afhængigt af leverandør og antal. Da regnestykket baserer sig på forskellen imellem værdien af miljøeffekt på 1.685 mio. kr. og den velfærdsøkonomiske omkostning på 1462 mio. kr., hvoraf 1.250 mio. kr. går til investeringer i udrustning, vil små korrektioner i prisen for udrustningen kunne påvirke resultatet markant. Korrigeres omkostningsprognosen lidt forsigtigt til 45.000 kr., vil dette resultere i, at samfundet i stedet for at spare 220 mio. kr./år forøger omkostningerne med 134 mio. kr./år, hvis de øvrige forudsætninger holder. Analysen vurderer effekten for montering af SCR-katalysator på alle tunge køretøjer i Danmark, hvorfor det kan konkluderes, at en indsats indenfor byzoner vil have en større samfundsøkonomisk effekt pr. køretøj.

"Af andre gode argumenter for at presse på for indførelsen af SCR-katalysatorer er, at vitale komponenter til denne teknologi produceres af danske virksomheder, nemlig Grundfos NoNOx i samarbejde med Haldor Topsø og Dinex."

Vi har ingen producenter af tunge køretøjer i Danmark, men til gengæld et antal producenter af filtersystemer. Dette kan påvirke objektiviteten i dele af den nationale diskussion omkring metoder og løsningsmodeller. Nutidens dieselmotorer er superoptimerede maskiner, hvor f.eks. modtryk i udstødningsanlæg er en væsentlig parameter, som påvirker motorens performance. Enhver form for eftermontering af

⁷ Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 21 2006

udstyr bør derfor om muligt ske i dialog med køretøjsproducenten. Det bør bemærkes, at der i visse tilfælde findes originale mærkespecifikke løsninger til eftermontering.

”Dieselbiler udsender også flere ultrafine partikler – måske op til 100 gange så mange som benzinbiler.”

Oplysningen kan bekræftes. Forskellen mellem en benzinbil og en dieselbil uden filter er ca. en faktor 100-500⁸.

”Biler på diesel er bedre end dem på benzin i forhold til udslippet af CO₂, men til gengæld forurener de luften mere, blandt andet med kvælstofilter.”

CO₂-forholdet kan bekræftes ud fra rapport ”Teknologivurdering af alternative drivmidler til transportsektoren” bestilt af Energistyrelsen⁹. En anden undersøgelse fokuseret på personbiler peger dog på, at forskellen for dette segment vil udligne sig omkring 2010¹⁰.

NO_x-forholdet er korrekt ud fra de gældende emissionsgrænser, hvor dieselbiler tilslades ca. 3 gange så høje udledninger som benzinbiler. Med Euro VI-normerne fra 2014 forventes forskellen dog at være stort set udlignet for personbiler og varevogne. Lastbiler og busser kører traditionelt ikke på benzin, men primært på diesel.

”Filtre er en effektiv løsning på den meget sundhedsskadelige partikelforurening, men øger desværre udledning af den skadelige kvælstofdioxid.”

Partikelfiltre øger ikke udledningen af NO_x, men for de billige katalytiske filtre gælder, at de forskyder fordelingen imellem NO og NO₂. Målinger på Instituttet har vist, at andelen af NO₂ øges fra 4% til 14-18% ved anvendelse af katalytisk partikelfilter. NO₂ er i modsætning til NO et problem i forhold til grænseværdier i luften. Effekten varierer afhængigt af filtertype. Additivbaserede samt aktivt regenererende filtre giver ikke øget NO₂-udledning.

”Derfor er eftermontering påkrævet af de såkaldte SCR-katalysatorer, hvor 80-90 pct. omdannes til vanddamp og almindeligt luft.”

SCR-katalysator er ikke påkrævet som en konsekvens af partikelfilter, hvis filtret er af den additivbaserede eller aktivt regenererende type, som ikke forårsager øget NO₂.

⁸ Energy and Fuels, Vol. 21, No. 5, 2007

⁹ COWI, Maj 2007

¹⁰ EUCAR/JRC/CONCAWE: Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, marts 2007)

Den nævnte virkningsgrad for SCR-katalysatorer stemmer godt overens med resultat af feltforsøg med 10 lastbiler¹¹.

”Partikelforureningen fra de 485.000 varebiler vurderes af forskere til sammenlagt at svare til den samlede nuværende partikelforurening fra de 50.000 lastbiler og 14.000 busser i Danmark.”

Dette passer meget godt med information i ”Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE”¹², som dog baserer sig på turlængder uden korrektion for køremønstre. Det vurderes af Teknologisk Institut, at den reelle partikelforurening fra varebilerne er større end for lastbiler og busser, hvis man tager hensyn til køremønstre, vedligehold og andre faktorer, som påvirker partikelforureningen.

Anbefalinger

Med udgangspunkt i ovennævnte anbefaler Teknologisk Institut følgende:

- Når man fra politisk side indfører krav omkring køretøjernes emissioner, bør dette så vidt muligt udformes som generelle miljøklasser (f.eks. Euro V eller VI), som muliggør, at operatøren frit kan vælge, hvordan han vil møde de nye krav. Det være sig med indkøb af nye køretøjer, eftermontering af filtre eller andre tiltag. Hvad angår reduktion af køretøjernes NO_x- og partikelemissioner målt i masse, bør man således undgå at stille krav til en bestemt teknologi.
- Det er bekosteligt at udstyre ældre tunge køretøjer med efterbehandling til både kvælstofoxider og partikler. Det vurderes af Teknologisk Institut, at et kombineret anlæg med montering og kalibrering leder til en omkostning på imellem 140-170.000 kr. Ved politisk indgreb bør man sikre, at den naturlige udskiftning af gamle køretøjer med nye og mere rene køretøjer ikke derved hindres. En hurtigere udskiftning af køretøjerne vil give andre fordele, da nyere køretøjer er mere moderne, mere attraktive, mere sikre osv. Ligeledes bør det sikres, at et indgreb ikke vil hindre introduktion af alternative brændstoffer og/eller hybrid-køretøjer, som kan hjælpe til med at reducere udledningen af CO₂.
- Man bør ikke kategorisk forlange alle motortyper udstyret med SCR, da flere motorfabrikanter i stedet håndterer problematikken vha. EGR, således at niveauet for NO_x og NO₂ under alle omstændigheder er lavt. Ved montering af partikelfilter kommer det an på både motortype og typen af partikelfilter om SCR i det hele taget er påkrævet. En individuel vurdering for hvert enkelt køretøj bør derfor foretages.
- At indsatsen koncentrerer sig om køretøjer, som primært opererer i byzonen, hvor den samfundsøkonomiske effekt er størst. Man kunne f.eks. opstarte forsøg med miljøzone omkring Busgaden i Århus, hvor alle busser, som ikke lever op til Euro IV, eftermonteres med kombinerede systemer, og alle øvrige busser får ef-

¹¹ SAE paper 2005-01-1861

¹² NERI Technical Report No. 675, 2008

termonteret partikelfilter. Et sådant initiativ bør kombineres med opsamling af måledata, som kan dokumentere effekten på antallet af ultrafine partikler i området.

- Hvis målet er en udbygning af førnævnte projekt 3 (OFR – Region Midt), som allerede er igangsat, bør man undgå en ny udbudsrunde. En ny udbudsrunde for leverancer af filtersystemer med efterfølgende levering af systemer, montage og kalibrering vil tage for lang tid til, at det kan rummes inden for de nuværende tidsmæssige rammer for ovenstående projekt, som slutter 31/12 2009. Det anbefales derfor, at man i første fase satser på et mindre antal køretøjer, samtidig med at man sikrer den fornødne kvalitetssikring samt indsamling af måledata, som kan anvendes til at vurdere, hvordan der skal sættes ind fremover. Det bør også bemærkes, at projektet i sin nuværende form udelukkende er fokuseret på udrulning af B5-brændstoffet primært med logistik for øje. Der er i projektets nuværende form ikke defineret test med filtre, test af brændstofforbrug eller emissionsmålinger. Udbygning med filtre vil medføre en markant ændring i projektets fokusering. Hvis ambitionen bliver at eftermontere filtre på alle busser, som indgår i projektet, vil der blive tale om en merbevilling på over 20 mio. kr., hvilket vil føre til mere end en fordobling af det nuværende budget på ca. 15 mio. kr.
- Der bør generelt ved ændring af udstødningsanlæggene på de tunge køretøjer sikres, at den ønskede miljømæssige effekt opretholdes. Dårlig vedligeholdelse af filtre kan i værste fald føre til endnu højere emissioner, end hvis udstyret aldrig var blevet monteret. En verificering af de krævede emissionsniveauer som f.eks. Bussyn, og dokumentation af den historiske udvikling i emissionerne bør være påkrævet. Det er derfor vigtigt, at en eventuel satsning på området kombineres med løbende test af køretøjernes reelle emissionsforhold.
- Indsats fokuseret på eftermontering af filtersystemer på busser bør balanceres mod potentialet af indsatser på andre områder såsom krav til varevogne, scootere mv.

Med venlig hilsen
Industri og Energi



Lars Overgaard
Seniorkonsulent

Direkte tlf.: 7220 1295
E-mail: lars.overgaard@teknologisk.dk