

Muligheder for miljøforbedringer af dieselskøretøjer

Sektionsleder Ken Friis Hansen, DTI Energi/Motorteknik

Baggrund

I *Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik* (Miljøprojekt 352, Miljøstyrelsen, 1997) sammenfattes kendt viden om sundhedseffekter af luftforurening fra vejtrafik. I forlængelse af rapporten er der for tiden debat om, hvorvidt der i byområder i Danmark er behov for at reducere især emissionen af småpartikler fra dieseltrafik. Den eksisterende viden om kilderne til de småpartikler er ikke komplet, men den største bidragsyder formodes netop at være dieseltrafik. Da busserne eksempelvis står for kun ca. 20% af dieseltrafikken i København, er det også nødvendigt at overveje en indsats for at reducere emissionerne fra øvrige dieselskøretøjer.

EU strammer løbende kravene til både luftkvalitet (grænseværdier), emissioner fra køretøjer og kvaliteten af motorbrændstof. På luftkvalitetsområdet arbejder EU-kommissionen aktuelt på nye direktiver for grænseværdier for småpartikler, kvælstofdioxid, svovldioxid, bly, ozon, benzen og kulilte. For de fire første stoffer er der tale om en væsentlig skærpelse i forhold til eksisterende grænseværdier. Princippet er, at grænseværdierne fastsættes, så sundhedsskadelige effekter bør kunne undgås, bl.a. baseret på WHO's anbefalinger. Medlemslandene får frist frem til 2005 eller 2010 til at nå ned på disse grænseværdier.

Ud fra betragtninger om dels trafikens bidrag til luftforureningen, dels de forventede fremtidige grænseværdier for luftkvaliteten generelt i EU har EU fastsat mål for emissionsreduktioner fra trafikken. I den såkaldte *Auto Olie I* pakke har EU derefter fundet frem til den pakke af initiativer over for køretøjers emissioner og brændstoffers sammensætning, der mest omkostningseffektivt opfylder disse mål. Såfremt der lokalt er områder, hvor denne generelle indsats fra EU ikke er tilstrækkelig, anbefaler EU, at der anvendes supplerende lokale foranstaltninger.

I lyset af alt dette er en central problemstilling, som Danmark må overveje, derfor, om renere bymiljø opnås mest omkostningseffektivt ved en strategi målrettet mod byerne eller ved generelle landsdækkende initiativer. Denne rapport bidrager til at forbedre grundlaget for disse overvejelser.

Formål med projektet *Muligheder for miljøforbedringer af dieselskøretøjer*, som Dansk Teknologisk Institut, DTI Energi/Motorteknik har udført for Miljøstyrelsen, er at belyse konsekvenser for teknik, økonomi og miljø for tre alternative strategier til at mindske emissionerne fra dieselskøretøjer:

- ændring af dieselskøretøjer
- anvendelse af katalysatorer og/eller filtre
- konvertering fra diesel til gas

For alle alternativer er reduktionerne i de regulerede emissioner skønnet, samt hvor det er muligt også småpartikler og PAH.

Projektets resultater er opgjort, så det er muligt at vurdere omkostninger og primære emissionsreduktioner på såvel landsniveau, byniveau og gadeniveau. Projektet belyser også de tidsmæssige perspektiver.

Andre aktuelle undersøgelser vil også indgå i grundlaget for overvejelserne om landsdækkende strategier over for strategier målrettet mod byen. Det er bl.a. Finansministeriets undersøgelse af mulighederne for og konsekvenserne af at fremme gas til bybusser og taxier, Miljøstyrelsens undersøgelse af eftermontering af katalysatorer samt Miljøstyrelsens undersøgelse af konsekvenser for miljø, økonomi og administration af at indføre miljøzoner (forstået bredt som geografisk afgrænsede byområder, hvor der indføres særlige ordninger med henblik på at reducere trafikens miljøbelastning).

Sammenfatning

“Muligheder for miljøforbedringer af dieseldrøretøjer”, som Dansk Teknologisk Institut, DTI Energi/Motorteknik har udført for Miljøstyrelsen behandler følgende problemstillinger:

- ændring af dieselkvaliteterne
- anvendelse af katalysatorer og/eller partikelfiltre
- konvertering fra diesel og benzin til gas (nye gaskøretøjer er omfattet af Finansministeriets undersøgelse og derfor ikke medtaget i projektet).

Der gennemføres analyser af forskellige dieselbrændstoffers indflydelse på emissionerne. Mulighederne for at levere brændstofferne vurderes af Oliebranchens Fællesrepræsentation. Der tages i forslagene til dieselkvaliteterne hensyn til funktionen af efterbehandlingsudstyr, såsom katalysatorer og partikelfiltre.

Efterbehandlingsudstyret gennemgås desuden med hensyn til tilgængelighed og effekt på emissionen.

Konvertering af motorer fra diesel eller benzin til gasdrift beskrives, drift på gas og gasmotorernes emissionsforhold sammenlignes med diesel- og benzinmotorer.

Beskrivelserne baserer sig på litteraturstudier og viden opbygget gennem tidligere projekter. Der er taget kontakt til nationale og internationale leverandører af efterbehandlings- og gasudstyr. Området er i en kraftig udvikling, og nye komponenter eller nye data for komponenter fremkommer løbende.

Projektet konkluderer at der er mulighed for at indføre en ny lav-svovl dieselkvalitet på det danske marked til erstatning for de nuværende let diesel og ultralet diesel kvaliteter. Den foreslåede lav-svovl diesel kvalitet, som medfører en reduktion af svovlindholdet på 90%, vil betyde en reduktion af partikelemissionen på landsplan på 13% med den nuværende køretøjs sammensætning og vil desuden muliggøre anvendelse af alle kendte kommercielt tilgængelige efterbehandlingsteknologier. Lav-svovl diesel vil kunne fremstilles på danske

raffinaderier med kort tidsfrist uden investeringer og med mindre stigninger i produktpris og energiforbrug til fremstilling - med deraf følgende marginalt øget CO₂-udledning. Der er også et betydeligt potentiale i montering af efterbehandlingsudstyr på dieselkøretøjer. Oxidationskatalysatorer er kommercielt tilgængelige, mens partikelfiltre nok er tilgængelige, men kun fra et begrænset antal leverandører.

Ombygning af dieselkøretøjer til gasdrift ser - på det foreliggende grundlag - mere tvivlsomt ud. Der findes kun et lille antal leverandører af konverteringssæt, og disse leverandører har kun begrænsede referencer og meget begrænsede, uafhængige målinger til dokumentation af effekten af konverteringerne.

Såfremt det ønskes at fremme gasdrift skønnes det nødvendigt med mere produktmodning og demonstration, før ombygning til gasdrift er et reelt alternativ til dieseldrift. Man kunne derfor forestille sig at gøre gasdrift attraktiv som alternativ til dieseldrift uden direkte at støtte ombygning. På den måde kunne *ombygning* af dieselmotorer til fabriksfremstillede gasmotorer blive aktuel, f.eks. i forbindelse med renovering af tunge køretøjer, ligesom en stigende efterspørgsel kunne motivere nye og større leverandører ind på markedet.

Ændring af dieselkvaliteterne

Tanken om en overgang til "lettere" diesel skyldes ønsket om bedre luftkvalitet, herunder mulighed for at udnytte efterbehandlingsudstyr som f.eks. partikelfiltre, der i nogle tilfælde stiller krav til dieselspecifikationen.

De skærpede krav til emission fra dieselkøretøjer samt EU's indførelse af krav om dieselkvalitet med et svovlindhold på max. 500 ppm har allerede medført en større udnyttelse af oxidationskatalysatorer, i nogle tilfælde suppleret med EGR (udstødningsgas-recirkulering), på dieselkøretøjer. Dette er sket i så høj grad, at oxidationskatalysatorer nu stort set er standard for nye personbiler og ofte ses standardmonteret på busser.

Emissionen fra dieselkøretøjerne kan opdeles efter påvirkning af: globalt miljø, regionalt miljø og lokalt miljø. Der findes i dag ingen tilgængelig teknologi, som minimerer samtlige problemer, og der må derfor altid foretages en vurdering af, hvilke miljøforhold der er vigtige i den givne sammenhæng.

Der fokuseres i vurderingerne primært på emissionen af NO_x og partikler, som er dieselmotorernes primære problemer. Emissionerne af HC og CO er små fra dieselmotorer i forhold til andre forbrændingsmotorer, men stiger normalt ved lettere dieseltyper. For de fire nævnte emissioner er der fastsat lovkrav til emissionsværdierne - de kaldes derfor også regulerede emissioner.

Også ikke-regulerede emissioner er genstand for stor opmærksomhed. De omfatter bl.a.: aldehyder, olefiner, PAH'er (polyaromatiske kulbrinter) og partiklernes størrelsesfordeling. PAH er forbundet med mutagen effekt og er mistænkt for at være kræftfremkaldende. Nyere undersøgelser tyder endvidere på at specielt de småpartikler (mindre end 2,5 µm) kan udgøre en sundhedsrisiko.

Emissionerne fra drøjetne påvirkes primært af:

- Motorkonstruktionen
- Efterbehandlingsudstyret, dvs. katalysator og/eller partikelfilter
- Motorvedligehold
- Brændstofkvalitet
- Kørselsmønstret

Ved vurdering af en brændstofkvalitets indflydelse på den samlede emission er det også væsentligt, hvor meget der kan leveres af kvaliteten, samt hvor megen ekstra forurening fremstillingen af en bedre brændstofkvalitet vil medføre på raffinerierne.

På baggrund af projektets beregninger kan det, såfremt man overvejer at ændre ved dieselspecifikationerne, tilrådes at der indføres en specifikation for dansk lav-svovl diesel som landsdækkende erstatning for både let diesel og ultralet diesel med følgende specifikationer:

Parametre	Metode	Enhed	Værdi
Svovl	ASTM D 5453	%	max. 0,005
Vægtfylde	ASTM D 4052	kg/m ³	820 - 860
T95	ASTM D86/90	°C	max. 370
PAH	IP 391 draft 5	% m/m	max. 4
Cetantal	ASTM D613/86	-	min. 49
Cetanindex		-	min.46

Tabel 1 Forslag til specifikation for dansk lav-svovl diesel.

Svovlindholdet er opgivet som 0,005% i stedet for 50 ppm (parts pr million), da sidstnævnte udtrykker en nøjagtighed, som ikke modsvarer af produktions- og analysetolerancer.

Begrundelsen for at foreslå ovennævnte specifikation er:

- 1) Denne specifikation vil, ifølge scenarieberegningerne og med de opstillede forudsætninger, medføre en generel reduktion af den samlede partikelemission fra alle dieseldrøjet i Danmark på ca. 13 %.
- 2) De danske raffinerier kan, efter det oplyste, ikke uden betydelige investeringer og tidsfrister dække hele landet med diesel med lavere 95% kogepunkt (< 370°C). Da den seneste viden på området desuden indikerer, at indflydelsen af T95 er væsentligt mindre end hidtil antaget, ses der ingen begrundelse for at opretholde kravet på 325°C for ultralet diesel.
- 3) Svovlindholdet kan uden større investering og omkostninger sænkes fra 0,05% til ca. 50 ppm, hvilket vil forbedre virkningsgraden på oxidations katalysatorer væsentligt og vil muliggøre anvendelse af alle typer partikelfiltre inkl. CRT-filtre, som er de eneste, der hidtil har stillet krav til svovlindholdet. De danske raffinerier kan ikke uden betydelige investeringer, tidsfrister og stigende energiforbrug og dermed øget CO₂-emission fremstille diesel med 10 ppm svovl, og der er ingen væsentlig miljømæssig gevinst ved at stramme kravet til svovlindholdet. De NO_x-

katalysatorer, som ventes færdigudviklet om 3-4 år, kan måske stille strengere krav til svovlindholdet, hvilket kan nødvendiggøre en revurdering af problemstillingen.

4) Med de anvendte teknikker til reduktion af svovlindholdet opnås samtidig en reduktion af polyaromatindholdet. Da dette i sig selv giver en miljømæssig gevinst, er der indført et krav til polyaromatindholdet, som uden at være restriktivt dog sætter en begrænsning, som sikrer, at den beregnede miljøgevinst opnås.

5) Da den foreslåede specifikation for svovlfattig diesel er en stramning i forhold til den hidtidige specifikation for ultralet diesel, ses ingen begrundelse for at fastholde en speciel specifikation for busser i fast rute. Den foreslåede specifikation vil betyde en reduktion af partikelemissionen fra busser i fast rute på ca. 26%.

6) Da den foreslåede specifikation for lav-svovl diesel muliggør anvendelse af alle kendte typer oxiderende katalysatorer og partikelfiltre, ses ingen begrundelse for at indføre et to-strengt system til forsyning af større byområder som f.eks. København.

Øget anvendelse af efterbehandlingsudstyr

Efterhånden som kravene til emissionerne skærpes, og fokusering på de sundhedsmæssige forhold omkring transportsektorens luftforurening stiger, vokser interessen for forureningsbekæmpelsesudstyr også. Flere gange gennem tiden har motorfabrikanter spået, at nye emissionskrav kun kunne opfyldes ved anvendelse af katalysatorer og/eller filtre.

De seneste års udvikling mod dieselbrændstof med lavere svovlindhold samt udvikling af motorerne mod lavere partikelemission og smørelieferbrug har forbedret mulighederne for at benytte efterbehandlingsudstyr.

Efterbehandlingsudstyr kan opdeles i følgende:

- oxidationskatalysatorer
- DeNO_x-katalysatorer
- partikelfiltre (som normalt også har en katalytisk belægning).

De fleste typer vil kunne eftermonteres på eksisterende køretøjer.

Fabrikanter udvikler filtre, som reducerer partikelmængden, men det kan give problemer at brænde de opsamlede partikler af (regenerere filtret). Partikelfiltre er endnu ikke særlig udbredte, men spås en større udbredelse i nær fremtid pga. fokusering på partiklerne.

Oxidationskatalysatorer har længe været en kendt og tilgængelig teknologi. Den generelle reduktionen af svovlindholdet i dieselbrændstoffet har i højere grad muliggjort udnyttelse af katalysatorer. Det er således nu blevet normalt, at personbiler og busser er udstyret med katalysator som standard.

Der arbejdes med udvikling af DeNO_x-katalysatorer, som forventes på markedet, når EURO IV-kravene indføres.

Katalysatorer findes kommercielt tilgængelige til alle typer dieselkøretøjer. De reducerer HC- og CO-emissionerne med ca. 90% og partikelemissionen med op til 20%, forudsat at brændstoffets svovlindhold er under 200 ppm, desuden vil PAH reduceres ca. 80%.

Partikelfiltre findes i begrænset omfang til større motorer. De opsamler partikler med en virkningsgrad på ca. 90%. Filtre monteres normalt i forbindelse med en katalysator, derved opnås samme reduktioner af HC-, CO- og PAH-emissionerne som ovenfor nævnt.

DeNO_x-katalysatorer til dieselkøretøjer ventes på markedet i løbet af 3-4 år. De ventes at kunne reducere NO_x med ca. 40%. Nogle af systemerne vil stille krav til svovlindholdet i brændstoffet.

Katalysatorer og partikelfiltre har, med den foreslåede dieselspecifikation, en god mulighed for at reducere emissionen betragteligt. Der forventes reduktioner både af de regulerede emissioner af HC, CO og partikler samt af de uregulerede PAH'er og af den samlede sundhedsmæssige belastning.

Ombygning til gas

Det er muligt at ombygge både diesel- og benzinmotorer til gasdrift, og det har - med større eller mindre succes - været gjort flere gange.

Der kan benyttes forskellige gastyper til motordrift. Disse er i det følgende beskrevet sammen med en henvisning til nogle af de hidtidige erfaringer.

- LPG (Liquified Petroleum Gas), også kaldet flaskegas, er flydende gas under tryk (ca. 5 bar) og består af en blanding af butan og propan. Gassen produceres i forbindelse med produktion af de flydende brændstoffer, benzin og diesel. LPG har bl.a. været benyttet af busserne i Odense siden 1993 og benyttes nu også af Combust i København. Tidligere var LPG meget benyttet i private biler. Afgiftsdifferentiering i forbindelse med indførelse af blyfri benzin har imidlertid fjernet den økonomiske fordel, men LPG benyttes stadig meget til drift af trucks.
- CNG (compressed natural gas) er naturgas, som væsentligst består af metan komprimeret til over 200 bar. CNG har været benyttet af én forsøgsbus i Vejle og anvendes i større stil i adskillige lande, herunder af en busflåde i Sverige.
- LNG (Liquified Natural Gas) er naturgas i flydende form. Denne gas har ikke været benyttet i Danmark; men udenlandske forsøg har vist, at den har gode muligheder i transportsektoren.
- Biogas består af metan og CO₂ og minder således om CNG, sammensætningen kan dog variere noget. Brændværdien er typisk omkring 60% af brændværdien i naturgas, hvilket gør biogas mindre velegnet til transportsektoren.

- DME (Dimethyl Ether) er en flydende gas ved 5 bar og 20°C. Den kan benyttes som brændstof i dieselmotorer, men holdes så under et tryk på minimum 5 bar. Der foregår et stort udviklingsarbejde og demonstrationsprojekt i Danmark, derfor behandles dette brændstof ikke indgående i projektet.

Der findes flere leverandører af motorer og køretøjer konstrueret til ovennævnte gasformige brændstoffer undtagen DME.

Motorfabrikkerne udfører et grundigt udviklingsarbejde på motorer tilpasset forskellige anvendelser og brændstoftyper. Motorerne optimeres med hensyn til driftssikkerhed, levetid, ydeevne og emissionsforhold, hvilket kræver, at alle motorens dele er tilpassede med hensyn til funktion og drivmiddel. Man kan ikke ændre på en enkelt enhed og forvente, at alt det øvrige stadig er optimalt.

Dieselmotorer, der ombygges fra et brændstof til et andet, kan ikke forventes at nå samme niveau som fabriksnye motorer, hverken driftsmæssigt eller emissionsmæssigt. Benzinmotorer er forholdsvis lette at konvertere til gas, men virkningsgraden kan ikke forventes at blive så god som ved fabriksgasmotorer.

Erfaringen fra de danske projekter med gasdrevne bybusser viser også at har man valgt at udskifte motoren med en fabriksudviklet gasmotor i stedet for at ombygge motoren til gasdrift, så har projektet en langt større chance for at blive en succes. Det betyder samtidig meget, hvor motiveret reparationsmandskabet er. Det er vigtigt at sørge for en god uddannelse samt sikre en god teknisk opfølgning og teknisk støtte til projektet i flere år.

Emissionsmæssigt er fabriksfremstillede gasmotorer med katalysator bedre end diesel på NO_x, HC, CO og partikler, men ikke på driftsudgifter og CO₂. Motorer ombygget til gas kan blive bedre end diesel emissionsmæssigt, men holdbarheden og påideligheden er ikke tilstrækkelig.

De hidtidige danske erfaringer (Esbjerg, Odense, Vejle og København) med gasbusser viser tydeligt, at selv fabriksfremstillede motorer kan have tekniske driftsproblemer i daglig drift og at de forudsatte emissionsmål sjældent overholdes. Med ombyggede motorer og køretøjer må man forvente endnu flere vanskeligheder.

Kilde:

Muligheder for miljøforbedringer af dieselkøretøjer

DTI Energi, Motorteknik Maj 1998

On-line på Miljøstyrelsen hjemmeside (www.mst.dk) under:

Publikationer, Elektroniske publikationer.

<http://mstex03.mst.dk/199805/87-7810-993-0/index.html>