

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Hvordan vurderes effektiviteten af eftermonterede NO_x- og partikelfiltersystemer?

*Kim Winther, kwi@dti.dk
Seniorspecialist, Teknologisk Institut*

Abstrakt

Færdselsstyrelsen og Teknologisk Institut har udarbejdet et sæt anbefalinger til vurdering af eftermonterede kombinationssystemer til reduktion af NO_x- og partikeludledninger fra busser og lastbiler.

Baggrund og formål

Formålet med denne anbefaling er at skabe overblik og gennemskuelse på markedet for emissionsreducerende kombinationssystemer til busser og lastbiler. Herigennem ønskes at sikre det bedste mulige grundlag for at trafikselskaber, transportfirmaer, vognmænd og myndigheder kan træffe det mest kvalificerede valg mellem systemerne på markedet.

Anbefalingen omfatter emissionssystemer, som effektivt reducerer både partikler og NO_x, og som kan eftermonteres på busser og lastbiler i Euroklasse III, IV og V.

Anbefalingen supplerer den hidtidige Principgodkendelse, som blev indført i 2002, og som udelukkende omhandler systemer til begrænsning af partikler (partikelfiltre).

Siden 2002 er der sket en betydelig teknisk udvikling på området, således at nye køretøjer i Euroklasse VI principielt er udstyrede med kombinationssystemerne fra fabrikken, og at lignende systemer også kan eftermonteres på ældre modeller, uden at influere negativ på motorens forbrug eller ydeevne.

Samtidigt er der sket en udvikling af målemetoderne, således at systemerne bedre kan testes under realistiske vilkår.

Anbefalingen udgives af Færdselsstyrelsen i samarbejde med Teknologisk Institut.

Anbefalingerne i denne vejledning indebærer at de anbefalede kombinationssystemer skal svare til den nyeste teknologiske standard, herunder at de er testede af et uafhængigt prøvningsinstitut og overholder emissionskrav som under praktisk anvendelse er på niveau med et Euro VI system.

Den tekniske dokumentation leveres af fabrikanter og leverandører af kombinationssystemerne.

Tekniske anbefalinger

Formålet med de tekniske anbefalinger er at opnå et emissionsniveau så tæt som muligt på EURO VI:

$$\text{NO}_x \sim 0,46 \text{ g/kWh} \quad \text{NH}_3 \sim 10\text{ppm} \quad \text{Pn} \sim 6 \cdot 10^{11} \text{ \#/kWh}$$

De ovennævnte EURO VI-grænser er idealmål, som opnås på en ny motor i motorprøvebænk. Under prøvning af køretøjer på rullefelt kan niveauerne være højere. Derfor er niveauerne i denne anbefaling tilpasset prøvning på et rullefelt.

Niveauerne er sat ud fra målinger på de bedste tilgængelige systemer.

De tekniske data dokumenteres ved en typekontrol, som omfatter prøvning hos en uafhængig prøvningsinstitution. Anbefalede prøvningsmetoder er angivet i Afsnit 2.2.

Hvis der foreligger et certifikat i henhold til den schweiziske certificeringsordning **VERTdePN klasse A**, anses de tekniske betingelser for at være opfyldt.

Link til VERTdePN: <http://vert-certification.eu/>

Hvis systemet er godkendt iht. UNECE Regulation 132 skal det bære E-mærket. Testbehovet anses for opfyldt hvis godkendelse er opnået i **Class IV to the standard of D¹**. i henhold til Annex 9 Tabel A9/1.

Link til UNECE R. 132: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs121-140.html>

Grænseværdier for NO_x, NH₃ og partikler

Ved prøvning i henhold til Afsnit 2.2 bør følgende gennemsnitsværdier, efter kombinationssystemet, ikke overskrides:

$$\text{NO}_x < 1,00 \text{ g/kWh} \quad \text{NH}_3 < 10\text{ppm} \quad \text{Pn} < 1 \cdot 10^{12} \text{ \#/kWh}$$

De faktisk målte resultater bør oplyses. Der bør tillige vedlægges måleresultater for CO, HC og NO₂ omregnet til g/kWh. De målte data vil fremgå af dokumentationsmaterialet.

Prøvningsmetoder

For at dokumentere systemets effektivitet både ved langsom bykørsel, ved blandet kørsel samt ved koldstart, bør følgende 2 tests gennemføres:

1. MLTB (Millbrook London Transport Bus): Transient test med langsom bykørsel
2. WHVC (World Harmonized Vehicle Cycle): Transient test med koldstart

¹ Hvor D svarer til Euro VI

Grænseværdierne i Afsnit 2.1 bør overholdes ved begge prøvningsmetoder. WHVC kan evt. erstattes af WHTC (World Harmonized Transient Cycle): ECE R-49 transient test i motordynamometer med koldstart. Prøvningen bør i alle tilfælde indeholde én måling med kold motor og to målinger med varm motor, som vægtes i forholdet 14/43/43 som foreskrevet for WHVC.

Målinger efter MLTB bør indeholde 3 validerede gennemkørsler efter opvarmning.

Alternative transiente prøvningsprocedurer kan anbefales såfremt det godtgøres, at resultaterne er sammenlignelige med de ovenstående. Der anbefales kun transiente prøvningsprocedurer, hvor motoren arbejdes igennem et realistisk driftsmønster med vekslende hastighed og belastning, inklusive gearskift. Målinger udført på vejen i henhold til EU-PEMS kan anbefales som alternativ, når det kan påvises at kørselsforholdene svarer til danske forhold.

Under prøvning på rullefelt bør køretøjets drivlinje påtrykkes en modstand, som ved alle hastigheder svarer til belastningen på en plan, asfalteret vej. Her under bør der tages hensyn til inertie ved acceleration og nedbremsninger, luftmodstanden samt til rullemodstanden mellem dæk og vejbane.

Ved beregning af emissionsværdierne bør antallet af kWh bestemmes ved motorens hovedaksel. Det vil sige at tab i gearkasse, drivaksel og bagtøj samt modstanden mellem dæk og rullefelt er inkluderet.

Tabet i momentomformere (torque convertere) i forbindelse med automatgearkasser kan af tekniske årsager ikke altid måles, og man kan derfor se bort for dette tab.

Køretøjets testvægt bør svare til totalvægten minus 50% af lasteevnen i kg.

Under prøvning bør der ikke optræde alarmer for højt modtryk eller andre driftsmæssige forstyrrelser. Fabrikanten bør ved modtryks- eller temperaturmålinger suppleret med hastighedsdata dokumentere, at filteret kan opnå en fuld regenerering under kørsel svarende til den aktuelle rullefelttest.

Anbefalede motortyper og -størrelser

Fabrikanten af systemet bør angive et interval for motorydelse samt motortyper, hvor korrekt funktion af systemet garanteres.

Den anvendte testmotor ved prøvning i henhold til afsnit 2.2 bør have en nominel ydelse på mindst 60% af den største tilladelige motorydelse for det testede kombinationssystem.

Det anbefalede interval for individuel cylinderstørrelse i cm^3 for det testede kombinationssystem er højst $\pm 20\%$ af testmotorens individuelle cylinderstørrelse.

Leverandøren bør endvidere dokumentere, at den rette driftstemperatur kan opretholdes med både den største og den mindste tilladte motortype, når det antages at belastningen følger motorens nominelle ydelse, således at forholdet mellem belastning og nominel ydelse er identisk med den anvendte testmotor.

Udformningen af det godkendte kombinationssystem kan tilpasses den enkelte motor, så længe ovenstående vejledende grænser for motortyper- og størrelser for det enkelte system overholdes. Ønskes systemet tilpasset andre motortyper, anbefales fornyet prøvning.

Anbefalinger til alarm- og overvågningssystemer

Ud over den tekniske afprøvning bør leverandøren dokumentere, at alarm- og overvågningssystemer monteres som en del af leverancen på hvert enkelt kombinationssystem. Dette bør som minimum omfatte NO_x sensorer før og efter SCR, føreralarmer for højt eller lavt modtryk samt alarmer for manglende dosering af reagenser.

NO_x-alarmen bør udløses hvis der vedvarende, med varm motor, konstateres niveauer over 200 ppm efter SCR, samt hvis der konstateres reduktionsgrader under 70%.

Regenerering af partikelfilteret, hvad enten den er aktiv eller passiv, bør sikre at modtrykket ikke overstiger 200 mbar. En alarm bør senest udløses efter 5 sekunder over denne grænse.

Der bør endvidere være en alarm, som aktiveres i tilfælde af et unormalt lavt modtryk, som kan indikere en lækage i filteret eller manglende filterkerne.

Ved manglende dosering af reagens, som skyldes lav fyldning, forkert reagenstype, tilstopning eller bevidst frakobling af systemet, bør en alarm udløses. Reagenser omfatter både midler til kemisk reduktion af NO_x samt eventuelle midler til regenerering af partikelfilter.

Alle alarmer bør arkiveres elektronisk på køretøjet i mindst 12 måneder, og bør ikke kunne slettes eller passiveres af chaufføren. Leverandøren af kombinationssystemet bør anviser metoder og software til brug for værkstedets udlæsning af lagrede data, samt kontrol af signalet fra NO_x-sensorerne samt modtrykkssensorerne.

Adgang til kontrolmålinger

Kombinationssystemer bør være indrettet med en studs for tilslutning for måleudstyr, således at der uhindret kan foretages kontrolmåling af modtryk samt emissioner både før og efter systemet. Dimensionen på studsen bør være mindst ¼" rørgvind (DN8).

Fabrikanten bør anviser metode og måleudstyr til kontrol af systemet, samt tærskelværdier der sikrer at systemet virker korrekt². Modtrykket ved kontrolmåling over filterdelen bør maksimalt være:

- 50 mbar for et nyt filter (målt ved høj tomgang)
- 150 mbar umiddelbart før en evt. aktiv regenerering (målt under belastning)
- 200 mbar for et filter med maksimal aske- og sodbelastning (målt under belastning)

Kontrolværdien for opaciteten efter filter bør maksimalt være 0,2 m⁻¹.

Øvrige tekniske anbefalinger

- Kombinationssystemet bør være udført af korrosionsbestandige materialer, og bør være konstrueret med henblik på at være funktionsdygtig i bilens normale levetid, når såvel filter som motor serviceres efter fabrikantens almindelige serviceforskrifter.
- Dosering af alle nødvedige reagenser bør ske automatisk på køretøjet.
- Kombinationssystemet bør være konstrueret således, at der ikke under drift eller regenerering af filter opstår fare for antændelse af underlaget eller af andre komponenter på køretøjet.

² Som eksempel på egnet kontrolmetode kan nævnes Trafikselskabernes miljøsynsmetode.

- Støjdæmpningen bør mindst svare til den originale lydpotte, hvis denne erstattes. Kravet anses for opfyldt hvis forbikørselsstøjen, målt på den effektmæssigt største tilladte motortype samt med største udgave af kombinationssystemet, overholder kravet i Detailforskrifter for Køretøjer. Støjmåling foretages efter direktiv 70/157/EØF ændret ved 96/20/EF for bil, der typegodkendes efter den 1. januar 1997. Støjmålemetode I (kørselsmåling).
- Kombinationssystemet bør være ledsaget af et sæt dansksproget dokumentationsmateriale, omfattende brugs- og monteringsvejledning, vedligeholdelsesforskrifter mv. som angivet i Afsnit 3.3.
- Systemet bør endvidere være mærket i henhold til Afsnit 3.1

Krav til dokumentationsmateriale

Leverandøren bør sikre, at følgende dokumentation foreligger på dansk og medleveres ved hver enkelt leverance. En kopi af dokumentationen bør desuden indleveres til Færdselsstyrelsen eller til Teknologisk Institut.

Anbefalinger om entydig mærkning

Kombinationssystemer bør være tydeligt og holdbart mærket med oplysninger om type, fabrikat og et unikt produktionsnummer, således at hvert enkelt system kan identificeres entydigt i forbindelse med intern eller ekstern kontrol. Identifikation bør være mulig uden afmontering af dele.

På filterenheden bør den korrekte flowretning tydeligt være angivet. Filterkernen bør ikke kunne vendes.

Kvalitetsstyring

Leverandøren bør opretholde et kvalitetsstyringssystem, der som minimum omfatter kontrol af materialer, produktionskontrol, slutproduktkontrol samt stikprøvekontrol på installerede systemer. Fejl og reklamationer bør korrigeres, dokumenteres og arkiveres.

Kvalitetssystemets omfang bør dokumenteres.

Bruger- og montagevejledninger

Dokumentationen bør omfatte montage- og driftsvejledning samt vedligeholdelsesforskrifter for kombinationssystemet. Her under bør det beskrives hvorledes systemet skal funktionstestes af brugeren selv, samt hvordan der føres logbog. Logbogen kan være elektronisk.

Systemet bør være beskrevet udførligt, med oplysninger om:

- Systemets fabrikat, typebetegnelse og kapacitetsgrænser
- Liste over hovedkomponenter
- Betegnelse for det anvendte filtermateriale
- Type af elektronisk styrings- og overvågningssystem
- Metode(r) for regenerering af filter
- Anvendte tilsætningsstoffer/FBC for regenerering af filter
- Type og dosering af reagens for SCR

I vedligeholdelsesforskriften bør der tages hensyn til arbejdsmiljøbestemmelserne, samt Industriens Branchearbejdsmiljøråds forskrifter for udskiftning af rensning af partikelfiltre.

I montagevejledningen bør der være angivet minimumsafstande til brændbare materialer på køretøjet, tilladte isolationsmaterialer samt krav til frihøjde med kombinationssystemet monteret.

Vedligeholdelsesforskrifterne bør indeholde anvisninger til korrekt bortskaffelse, som overholder Bilskrøtningsbekendtgørelsen. Dokumentationen bør i øvrigt omfatte følgende:

- Identifikation af produktet og den leverende virksomhed, her under type- og modelbetegnelse, handelsnavn, produktionsland, virksomhedens status som producent, forhandler eller agentur, hjemsted, logo samt faktureringsoplysninger
- Målskitser af kombinationssystemet i alle varianter
- Kopi af certifikater eller prøvningsrapporter i henhold til Afsnit 2.2
- Angivelse af motortyper og størrelser i henhold til Afsnit 2.3
- Beskrivelse af alarm- og overvågningssystem i henhold til Afsnit 2.4
- Dokumentation af udførte kontrolmålinger i henhold til Afsnit 2.5
- Dokumentation for overholdelse af støjniveauer mv. i henhold til Afsnit 2.6
- Kopi af brugs- og montagevejledninger mv. som beskrevet under Afsnit 3.3
- Dokumentation af kvalitetsstyringssystem i henhold til Afsnit 3.2

Øvrige informationer

Anbefalingen udvikles af Færdselsstyrelsen i samarbejde med Teknologisk Institut.

Teknisk dokumentationsmateriale kan indsendes til:

Teknologisk Institut, Transport og elektriske systemer
Kongsvang Allé 29, 8000 Aarhus C
Att: Kim Winther, kwi@dti.dk, Telefon +45 7220 1310

For modtagelse og vurdering af teknisk dokumentation opkræves intet gebyr.