

Utslipp fra Euro VI busser i virkelig trafikk



Utslipet fra kjøretøy i virkelig trafikk kan være høyere enn hva som ville forventes ut fra kjøretøyets typegodkjennings-resultater. Testing både i laboratorier og i virkelig trafikk viser at avgassutslippet av NO_x og PM fra Euro VI diesel busser er klart lavere enn for tilsvarende Euro V busser. Når det gjelder CO₂ er utslippet omtrent likt for Euro VI og Euro V. Testing av et begrenset antall Euro VI busser antyder at utslippet av NO_x kan være høyere ved bykjøring i nordiske vintertemperaturer enn ved sommertemperaturer.

1 Problem og formål

Selv om antallet elbusser er økende i bystrøk, var det ved utgangen av 2020 rundt 460 elbusser totalt i Norge. Dette utgjorde ca. 3,0 % av det totale antallet busser i Norge (SSB 2021). Det vil si at det fortsatt er viktig å ha kjennskap til utslippet fra busser med annen teknologi, og da særlig til diesalbussene.

Undersøkelser har vist at utslippet fra Euro V/5 kjøretøy til tider var mye høyere enn hva typegodkjenningen av kjøretøyet skulle tilsi (se tiltaket [Eurokrav og typegodkjenning](#)). Avviket mellom utslippet i virkelig trafikk var særlig høyt når det gjelder NO_x ved kjøring i bytrafikk vinterstid (Hagman m. fl. 2015, Valverde m. fl. 2019, Söderena m. fl. 2019). Når det gjelder Euro VI kjøretøy(motorer) viser tester at utslippene av NO_x er kraftig redusert i forhold til tilsvarende Euro V kjøretøy.

Tidligere utslippstesting av tunge kjøretøy ble hovedsakelig utført ved temperaturer rundt 20 °C. Men fordi testing av lette kjøretøy i virkelig trafikk viser at NO_x utslippet er høyest ved

kjøring i bytrafikk og i kulde, er det viktig å også undersøke utslippet fra tunge kjøretøy under tilsvarende forhold. Nye testmetoder som målinger med bærbare måleinstrumenter (PEMS) og kontinuerlig NO_x overvåkning gjør dette mulig. Kunnskap om dieseldrives utslipp i bytrafikk og ved vintertemperaturer er fortsatt nyttig kunnskap, fordi det fortsatt vil gå mange år før bussflåten er helt erstattet av kjøretøy uten avgassutslipp. Særlig vil dette gjelde for langdistansebusser.

Mer informasjon om [elbusser](#) fins i eget tiltak, virkningene av ulike former for [biodrivstoff](#) er også beskrevet i eget tiltak.

Tabell 1: Ordliste

CF - Conformity Factor

CI - Compressed ignition engine

DOC - Diesel Oxidation Catalyst

DPF - Diesel Particulate Filter

EEV - Enhanced Environmentally-friendly Vehicle

EGR - Exhaust Gas Recirculation

ISC - In-Service Conformity

NTE - Not-To-Exceed

OCE - Off-Cycle Emissions

OBD - On-Board Diagnostic

PEMS - Portable Emission Measurement System

PI - Positive ignition engine

PN - Particle Number

SCR - Selective Catalytic Reduction

ASC - Ammonia Slip Catalyst

WHSC - World Harmonized Stationary Cycle

WHTC - World Harmonized Transient Cycle

WNTE - World-harmonized Not-To-Exceed

2 Eurokrav og typegodkjenningstesting av tunge kjøretøy

Euro kravene til nye kjøretøy

Alle nye biler og nye motorer til tunge kjøretøy skal typegodkjennes. Euro kravene angir hvor store utslipp som nye personbiler og nye motorer til tunge kjøretøy maksimalt kan ha for å bli godkjent for salg i EUs medlemsland. Norge følger EUs direktiver for kjøretøy.

Avgassutslippene for typegodkjenning av motorer til tunge kjøretøy skal måles med nøye spesifiserte motorbelastninger. Eurokravene for motorer til tunge kjøretøyer blir oppgitt som utslipp i gram NO_x, PM, HC og CO per levert energienhet fra motoren (målt per g/kWt). For å bli typegodkjent skal kjøretøyet/motoren tilfredsstille gjeldende krav, se tabell 1.

Tabell 1: Utslippskrav for typegodkjenning av diesel motorer til tunge kjøretøy i g/kWt. Kilde: [Dieselnet 2021](#)

Krav	NO _x	PM	HC	CO	PN ^a	CO ₂
Euro I (1992)	8,0	0,36/0,61 ^b	1,1	4,5		Ingen
Euro II (1996.10/1998.10)	7,0	0,25/0,15 ^c	1,1	4,0		Ingen
EURO III, (1999.10)	2,0	0,02	0,25	1,5		Ingen
Euro III (2000.10)	5,0	0,1	0,66	2,1		Ingen
Euro IV (2005.10)	3,5	0,02	0,46	1,5		Ingen
Euro V (2008.10)	2,0	0,02	0,46	1,5		Ingen
Euro VI (2013.01)-WHSC	0,4	0,01	0,13	1,5	8,0*10 ¹¹	Ingen

Kravene til utslipp fra tunge motorer varierer noe avhengig av testmetode, kravene over gjelder for *Steady-state testing*. ^a Målt i 1/kWt. ^b PM kravet er differensiert på motorstørrelse. ^c PM kravet ble innskjerpet til 1,5 i oktober 1998 (for EEV).

Tabell 2: Utslippskrav for typegodkjenning av Euro VI diesel motorer til tunge kjøretøy i g/kWt. Krav ved WHTC testsyklus. Kilde: [Dieselnet 2021](#)

Krav	NO _x	PM	NMHC	CO	PN ^a	CH ₄
Euro VI (2013.01)	0,46	0,01	0,16	4,0	6.0×10 ¹¹	0,5

PN kravene for PI motorer gjelder fra Euro VI_B.

En av de mest brukte renseteknologiene for å tilfredsstille kravene til Euro VI er rensesystemer med SCR-katalysator, se figur 1.

Effekten av SCR systemet er avhengig av temperaturen på eksosgassen. Når bussene har flere start og stopp som er normalt for bytrafikk, vil effekten av rensesystemet kunne reduseres (Söderena m. fl. 2021). Stadige start og stopp kan også føre til økt dannelselse av sot i partikkelfilteret (DPF), noe som kan føre til flere regenereringer som igjen kan gi økt

drivstofforbruk og partikkelutslipp (Söderena m. fl. 2021).

Schematic layout of Euro VI system

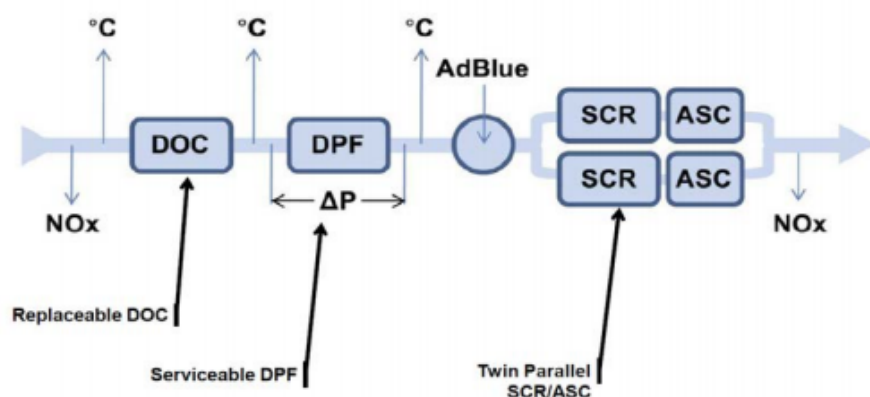


Foto: Flemming Dahl, TØI

Figur 1: Eksempel på rensesystem for rensing av avgasser på en Euro VI buss. (DOC-oksidasjonskatalysator, DPF-partikkelfilter, Adblue-tilsetningsstoff, SCR-katalysator for kjemisk reduksjon av NOx, ASC-katalysator for fjerning av ammoniakk. Kilde: Scania

For tunge kjøretøy er det krav om *On-board Diagnostic* (OBD), som overvåker om rensesystemene fungerer som de skal. Det er også krav om at kjøretøyet skal tilfredsstille utslippskravene i en gitt periode (5-7 år avhengig av kjøretøytype).

Som for Euro 6 kravene til personbiler (se tiltaket [Eurokrav og typegodkjenning av kjøretøy](#)) er det også for Euro VI innført ulike underkategorier (VI_A-VI_E) der kravene og konformitetsfaktorene (CF) skjerpes. Fra og med Euro VI_E er det blant annet krav om at kaldstart (2020/21) inkluderes i PEMS (Portable Emission Measurement System) testingen, samt at PN testing også skal utføres (2023/2024) i virkelig trafikk (ikke kun i laboratoriet), se tabell 3.

Tabell 3: Oversikt over endringene i Euro VI kravene fra 2013-2021. Euro VI_A-VI_E. Kilde: Dieselnet 2021

Stage	Implementation Date		OCE/ISC Requirements				
	Type approval (new types/all vehicles)	Last date of registration	PEMS power threshold	Cold start included in PEMS	OCE NTE g/kWh	PEMS CO, HC, NMHC, CH ₄ CF	PEMS PN CF
A	2013.01/2014.01	2015.08	20%	No	NOx 0.60		
B (CI)	2013.01/2014.01	2016.12			THC 0.22		
B (PI)	2014.09/2015.09	2016.12			CO 2.0		
C	2016.01/2017.01	10			PM 0.016		
D	2018.09/2019.09						

For PI engines and type 1A and 1B dual fuel engines in dual fuel mode, PN CF applies
2023.01/2024.01

Typegodkjenning av tunge kjøretøy

Når det gjelder typegodkjenning av tunge kjøretøy, har det fra Euro VI vært krav om testing av kjøretøyene i virkelig trafikk i tillegg til laboratorietesting av motorene. For tunge kjøretøy er det ulike testsykluser (WHSC/WHTC) som benyttes i laboratorietesting, blant annet avhengig av motorteknologi. I tillegg utføres det OCE og ISC testing.

OCE testing (Off-cycle Emissions) utføres ved at motoren kjøres gjennom WNTÉ syklusen, og at utslippet i disse testene skal holde seg innenfor bestemte NTE (not-to-exceed) krav. I tillegg utføres det PEMS tester av et kjøretøy, som er forholdsvis like de testene som utføres i forbindelse med ISC testingen ([Dieselnet 2021](#)).

ISC testing (In-service conformity) foretas i virkelig trafikk med PEMS utstyr. Ved testing i virkelig trafikk er det satt en rekke krav til hvordan test-rutene skal utformes, hastighet, temperatur mm. Testene skal utføres senest innen 18 måneder etter at kjøretøyet ble registrert ([TransportPolicy.net 2021](#)).

Testingen skal utføres på offentlige veger, og det er fastsatt en rekke krav til hvordan testingen skal utføres. For eksempel er hastighetene bestemt:

- Bytrafikk (0-50 km/t)
- Landevei (50-75 km/t)
- Motorvei (> 75 km/t)

Når det gjelder registrerte utslippsfaktorer i virkelig trafikk skal disse tilfredsstille de samme Eurokravene som ved laboratorietesting, men *med et visst slingringsmonn* (CF - conformity factor).

3 Avgassutslipp i virkelig trafikk

Testing av busser

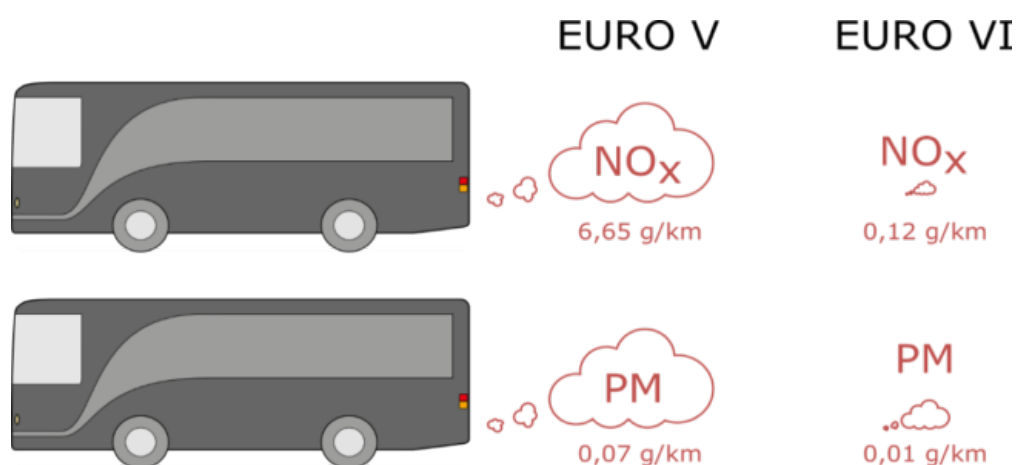
I perioden 2015-2020 har TØI i samarbeid med finske VTT testet en rekke Euro VI busser, både i et avgasslaboratorium, på bane utendørs og i virkelig trafikk. Ved testing i virkelig trafikk (med PEMS) er eurokravene for ISC testing i virkelig trafikk fulgt, samt at bussene er testet i egne tester utviklet av VTT.

I tillegg har det i fire busser vært *montert NO_x monitorer* som har registrert faktisk utslipp av NO_x fra juni 2017 til mai 2020. NO_x utslippene er da registrert mens *bussene har vært i normal rutetrafikk* i Helsinki by. Tilsvarende registreringer ble også utført på tre busser i løpet av et år i perioden 2015/16.

I motsetning til vanlig typegodkjenningstester, er *bussene også testet i kulde*, for å se om utslippene varierer i forhold til vanlige testbetingelser (som registreres ved temperaturer rundt 20°C).

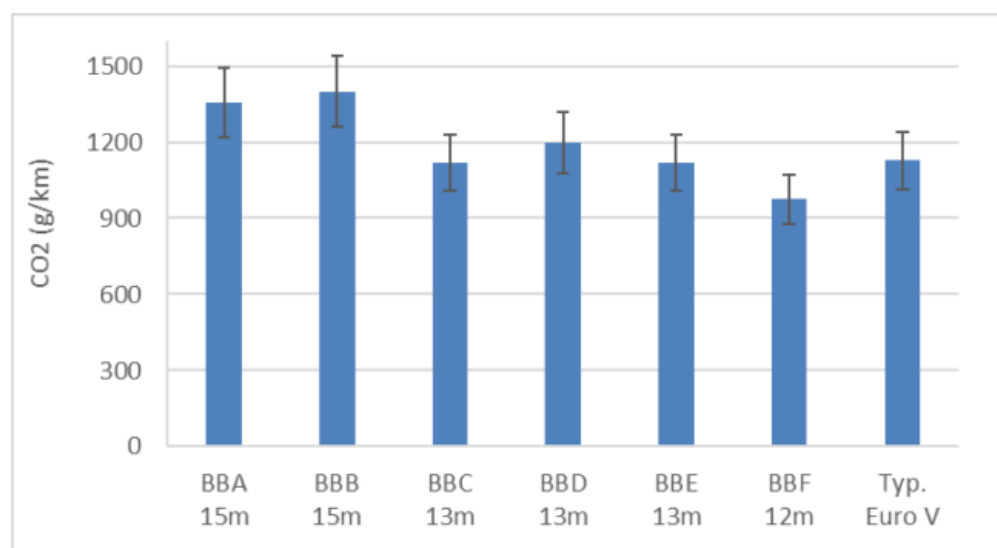
Utslipp fra Euro V og Euro VI busser (ved ca 20 °C)

Når det gjelder tunge kjøretøy var det en kraftig reduksjon i utslippet av NO_x og PM fra Euro V til Euro VI. Ved testing av både busser og lastebiler i tilnærmet virkelig trafikk, ble utslippet redusert med 90 prosent eller mer når det gjelder NO_x og PM, se figur 2.



Figur 2: Gjennomsnitt NO_x-utslipp og avgasspartikler PM i g/km, for seks busser med Euro VI dieselmotorer, sammenlignet med en typisk buss med Euro V dieselmotor. Målt ved ca. +23 °C, og kjøring av Braunschweig bykjøringssyklus. Kilde: Hagman m fl 2015.

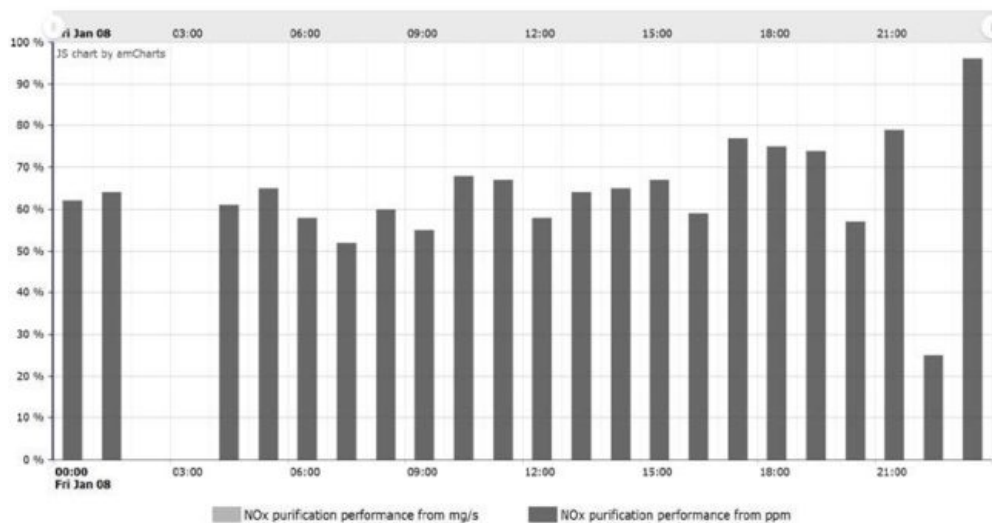
Selv om det er tatt i bruk renseteknologi i Euro VI busser som til dels er energikrevende, har utslippet av CO₂ ikke økt i forhold til hva som var nivået for Euro V kjøretøy. Figur 3 viser utslippet av CO₂ fra seks Euro VI bybusser (BBA-BBF) sett i forhold til en typisk Euro V bybuss. Utslipet fra bussene påvirkes blant annet av vekt, noe som dels gjenspeiles i bussens lengde.



Figur 3: CO₂-utslipp i g/km for seks bybusser med Euro VI motor ved kjøring av Braunschweig kjøresyklus. Utslippsverdiene er på samme nivå som en buss med Euro V motor. Kilde: Hagman m fl 2015

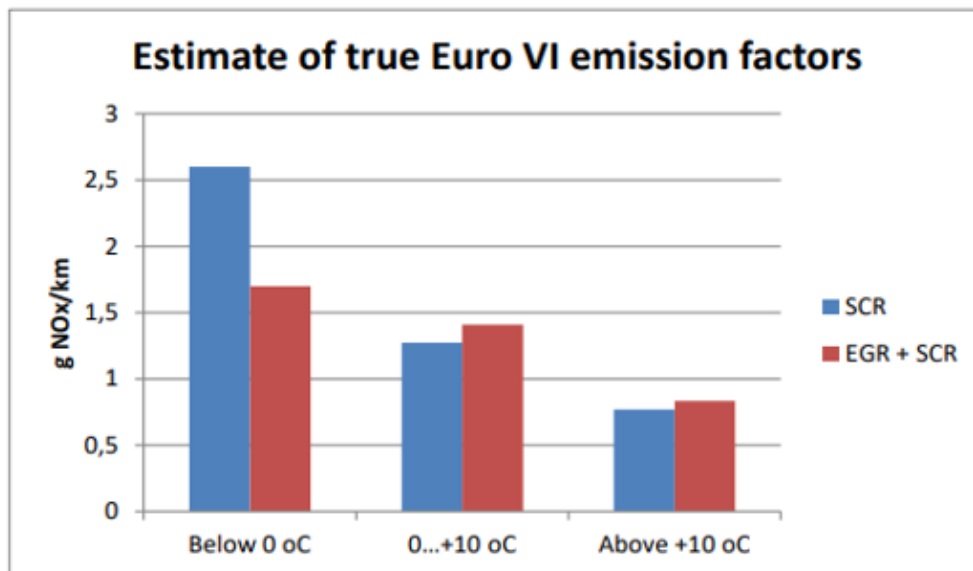
Utslipp påvirkes av utetemperatur (og motortemperatur)

Testing av busser i kulde tyder på at renseeffekten av SCR systemet fungerer dårligere i kulde. Figur 4 viser i hvilken grad NO_x utslippet til **en** Euro VI diesel buss blir redusert i løpet av et døgn da middeltemperaturer var på -16°C. Utslipet ble målt ved hjelp av en NO_x-monitor. Søylene i figuren indikerer renseeffekten av SCR systemet time for time. For denne *ene* bussen hadde rensesystemet en effekt på 50-80 % denne kalde dagen. Ved middeltemperaturer på + 16 °C, var renseeffekten av SCR systemet på mellom 90-100% (Hagman 2016). På dager med middeltemperaturer på over 0 °C lå renseeffekten av SCR systemet på rundt 90 %, mens det ved utetemperaturer rundt 0 °C ble registrert en renseeffekt på rundt 80 % (basert på målinger fra tre Euro VI busser) (Hagman 2016).

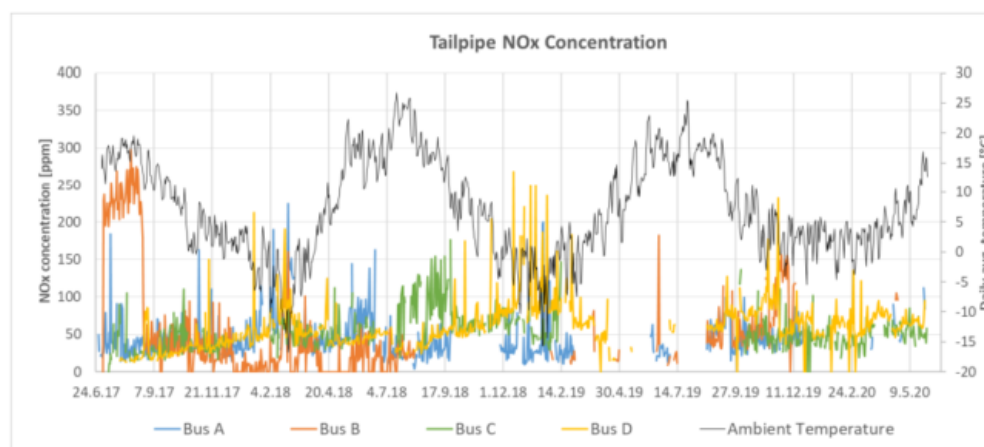


Figur 4: Effekten av NO_x-rensesystemet (i prosent), i løpet av et driftsdøgn med middeltemperatur -16 °C. Kilde: Hagman 2016/VTI

Figur 5 viser gjennomsnittlig utslipp av NO_x ved ulike temperaturgrupper. Resultatene er basert NO_x målinger av **tre** Euro VI dieselbusser. Utslipet ved NO_x overvåkingen i 2015/16, viste *tegn på temperaturavhengighet*. Selv om utslippet i kulde var høyere enn ved sommertemperaturer, ligger utslippet langt under tilsvarende tester med Euro V busser (NB! Bussene tilfredsstilte de da gjeldende Euro VI kravene ved typegodkjenningstester) (Hagman 2016).



Figur 5: Estimerte utslippsfaktorer for NO_x ved ulike temperaturintervall. Euro VI busser. (Blå søyle indikerer gjennomsnittlig utslipp for busser med SCR rensesystem, og rød søyle indikerer snittet for busser med en kombinasjon av EGR og SCR rensing). Resultatene er basert på omtrent et år med NO_x overvåking av tre busser i 2015/16. Kilde: Hagman 2016/VTT.



Figur 6: NO_x utslipp fra fire Euro VI dieselbusser testet i perioden 2017-2020. NO_x-overvåking av busser i normal rutetrafikk i Helsinki by. Utslipp sett i forhold til gjennomsnittlige dags-temperaturer (sort kurve). Kilde: Söderna m. fl. 2021

Testene i virkelig trafikk viste både at renseeffekten av NO_x kan være noe lavere ved kalde temperaturer (se figur 6), men også at disse effektene kan variere fra bussmodell til bussmodell. Ved testing av fire Euro VI busser ved bykjøring i Finland i perioden 2017-2020 var i snitt NO_x utslippet 2-4 ganger høyere ved temperaturer under 0 °C enn ved normale sommertemperaturer (Söderna m. fl. 2021). Dette resultatet er basert på overvåking av NO_x utslippet mens de aktuelle bussene var i normal rutetrafikk, det vil si at disse resultatene ikke direkte kan sammenlignes med hva bussene slipper ut ved den standardiserte ISC testingen som er en del av typegodkjenningsprosessen (både kjøresyklusene og temperaturbetingelsene varierte fra typegodkjenningsbetingelsene).

Ved testing av de fire bussene i 2017-2020 varierte NO_x utslippet en del mellom de ulike bussene og fra dag til dag. Det ble registrert enkeltepisoder med høye utslipp (over kravene) både ved testing i laboratoriet, ved PEMs testing og ved NO_x overvåkingen av bussene.

Disse episodene med høye utslipp var sannsynligvis forårsaket av regenerering av rensesystemet (Söderena m. fl 2021).

Når det gjelder tre av bussene testet i 2017-20 var utslippene lave både for PM og PN også når det ble utført PEMS testing (Söderena m. fl. 2021). Men ved enkelte tester i virkelig trafikk ble det registrert utslipp over gjeldene krav for typegodkjenningen (men ikke når kjøretøyene ble testet i henhold til metoden beskrevet for typegodkjenningstester). At enkelte busser noen få ganger hadde litt høyere utslipp av PM/PN kan skyldes episoder med regenerering av partikkelfilteret (Söderena m. fl. 2021).

Tidsforsinkelser i avgassrensing

Testene utført på Euro VI busser i Helsinki (Hagman 2016) viste også at NO_x rensesystemene (SCR og EGR) kan ta noe tid før de begynner å virke etter at motoren er startet. Ved kald motor og utetemperaturer på rundt 0 °C kan det ta rundt 5-10 minutter før rensesystemet virker optimalt (Hagman 2016). Forsinkelsen er større ved kaldstart enn ved varmstart.

4. Utfordringer og muligheter

Avgassutslippene fra Euro VI dieselbusser er kraftig redusert i forhold til tilsvarende Euro V busser. Men utslippene av CO₂ har vært tilnærmet uendrede fra Euro V til Euro VI. Dette kan dels skyldes at den nye renseteknologien i Euro VI kjøretøyene, krever ekstra energi å drifte, noe som påvirker drivstofforbruket, og dermed også CO₂ utslippet. Innfasingen av elbusser (samt bruk av biodrivstoff) og etter hvert også hydrogenbusser vil bidra positivt til å redusere CO₂ utslippet fra bussparken.

Foreløpig er andelen el- og hydrogenbusser lav i Norge, og dieselbussene vil være å finne på norske veger i mange år fremover. Avgassutslippene fra nye dieselbusser er kraftig redusert i forhold til tidligere, selv om NO_x utslippene også for de nye bussene kan være noe høyere på de kaldeste vinterdagene. Vinterstid kan det være et problem at rensesystemet tar litt til å komme i gang, men det er mulig å ta hensyn til dette med tilpasset bruk av kjøretøyet og bruk av motorvarmere. Bruk av biodiesel kan være med på å redusere utslippet av CO₂ fra bussene.

Selv når en høy andel av bussparken blir erstattet av «null-eksoskjøretøy», vil fortsatt problemet med partikkelproduksjon fra slitassen mellom vegdekke og dekket bestå.

5. Referanser

Dieselnet 2021

EU: Heavy-duty truck and bus engines. [Emission Standards: Europe: Heavy-Duty Truck and Bus Engines \(dieselnet.com\)](https://dieselnet.com/standards/eu/hdtrucks/) (Lest juni 2021)

Hagman, R. 2016

[Busser, Euro VI og avgassutslipp](#). Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1540/2016.

Hagman; R., Weber, C. og Amundsen A. H. 2015

[Utslipp fra nye kjøretøy - holder de hva de lover?](#) Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1407/2015.

Statistisk sentralbyrå (SSB) 2021

Statistikktabell 11823: Registrerte kjøretøy, etter drivstofftype, statistikkvariabel og år.

Söderena, P., Laurikko, J., Kuikka, K., Tilli, A., Kousa, A., Väkevä, O., Venho, A., Haaparenta, S., Nuottimäki, J. Lehto, K. and Weber, C. 2019

Euro 6 diesel passenger cars emissions field tests- project final report. VTT research report VTT-R-00636-19.

Söderena, P. Kuutti, H. and Pellikka, A.-P. 2021

Euro VI diesel city buses NOx emissions monitoring. VTT research report. VTT-R-00567-21.

TransportPolicy.net 2021

EU: Heavy duty: Emissions. [EU: Heavy-duty: Emissions | Transport Policy](#) (Lest juni 2021)

Valverde, V., Clairotte, M., Bonnel, P., Giechaskiel, B., Carriero, M., Outura, M., Gruening, C., Fontaras, G., Pavlovic, J., Martini, G., Suarez-Bertoa, R., and Krasenbrink, A. 2019

[Joint research centre 2018 light-duty vehicle emissions testing](#). Contribution to the EU market surveillance: testing protocols and vehicle emission performance. JRC scientific for policy report, EUR 29897.