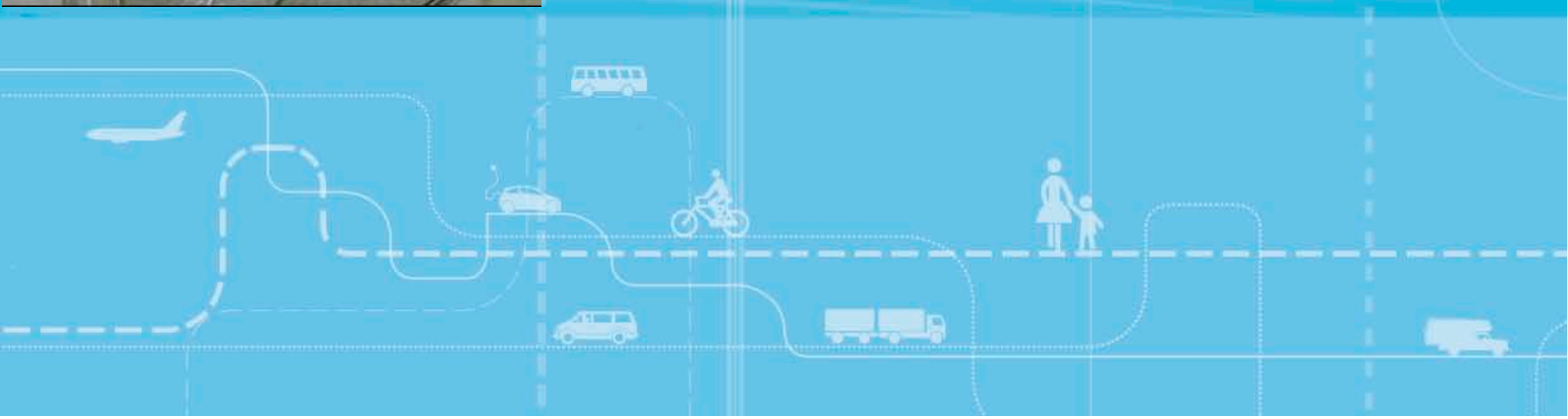


Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi



Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi

Rolf Hagman
Astrid H. Amundsen

Forsidebilde: VTT

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi

Title: Emissions from vehicles with Euro 6/VI technology

Forfattere: Rolf Hagman
Astrid Helene Amundsen

Author(s): Rolf Hagman
Astrid Helene Amundsen

Dato: 04.2013

Date: 04.2013

TØI rapport: 1259/2013

TØI report: 1259/2013

Sider 46

Pages 46

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1428-7

ISBN Electronic: 978-82-480-1428-7

ISSN 0808-1190

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Statens vegvesen Vegdirektoratet

Financed by: The Norwegian Public Roads Administration

Prosjekt: 3822 - Måleprogram - avgassutslipp fra kjøretøy

Project: 3822

Prosjektleder: Rolf Hagman

Project manager: Rolf Hagman

Kvalitetsansvarlig: Ronny Klæboe

Quality manager: Ronny Klæboe

Emneord: Avgassutslipp
CO₂
Dieselbil
Luftforurensning
NO₂

Key words: Air Pollution
CO₂
Diesel engine vehicles
exhaust gases
exhaust particles
NO₂

Sammendrag:

I flere av Norges største byer overskrides grenseverdiene for NO₂. Kjøretøy med dieselmotorer har vist seg å slippe ut betydelig større mengder NO_x og NO₂ i virkelig trafikk enn ved typegodkjenning. Euro 6/VI med betydelig skjerpede utslippskrav innføres i 2014 - 2016. Hvor mye nye kjøretøy med Euro 6/VI teknologi vil bidra til forbedret luftkvalitet er et stort og viktig spørsmål. Avgassmålinger av Euro 6 godkjente lette kjøretøy og to tunge kjøretøy med Euro VI motorer viser at det er mulig å oppnå lave utslipp av regulerte avgasskomponenter i virkelig trafikk. Ny renseteknologi og ny avansert motorteknologi kan imidlertid også medføre høye utslipp av uregulerte avgasskomponenter.

Summary:

Diesel cars employing current engine technology with particulate filters have previously been shown to emit more NO_x and NO₂ than model certification tests show. As a result, limit values for ambient levels of nitrogen dioxide are exceeded in many Norwegian urban areas. An important and interesting question is to what extent new vehicles with Euro 6/VI technology can contribute to improving air quality. Exhaust emission measurement from Euro 6 certified light test vehicles and two heavy duty vehicles with Euro VI certified engines, indicate that it is possible satisfy low emissions targets of the regulated exhaust components. However emissions of some unregulated exhaust components may increase.

Language of report: Norwegian

Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.

This report is available only in electronic version.

Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

Flere byer i Norge sliter med å tilfredsstillende Forurensingsforskriftens grenseverdier til nitrogen dioksid (NO₂), særlig vinterstid har utslippene gitt høye konsentrasjoner av NO₂ i luften. Rapporten presenterer måleresultater for avgassutslipp fra lette og tunge kjøretøy når de testes med kjøremønster som fanger opp variasjonen i motorbelastningene i virkelig trafikk med kulde og bykjøring. Avgassmålingen er utført av og i samarbeid med den finske statens forskningsinstitutt, VTT. Hensikten med å måle avgassutslipp fra kjøretøy som oppfyller de nye og strengere Euro 6/VI kravene er å få indikasjoner på om disse kjøretøyene vil bidra til tilfredsstillende luftkvalitet. Euro 6/VI kravene forutsetter i praksis at kjøretøy med dieselmotorer må utstyres med ny motor, avansert avgassrenseteknologi og ofte en kombinasjon av motor og renseteknologi.

Måleprogrammet har sett spesielt på utslippene av NO₂, men også undersøkt mengden utslipp av andre regulerte og uregulerte avgasskomponenter som kan bidra til klimapåvirkning og lokal luftforurensing. Her er det også av interesse hvordan ulike forbrenningsprodukter dannes i ulike motortyper. Utslipp av NO₂ er en funksjon av teknologiske løsninger, alder på kjøretøyene, type drivstoff, kjøremønster og temperatur.

Prosjektet er finansiert av Statens vegvesen med bidrag fra Klima- og forurensningsdirektoratet. TØI har utført prosjektet i samarbeid med VTT. TØI ved forsker Rolf Hagman har vært prosjektleder. Kontaktperson hos oppdragsgiver er Daniel Thorsell.

Rapporten er skrevet av forskerne Rolf Hagman (TØI) og Astrid H. Amundsen (TØI). Rolf Hagman har skrevet kapitlene 3 - 8, og bidratt til deler av kapittel 1 og 2. Astrid H. Amundsen har skrevet kapitlene 1 og 2 samt stått for redigeringen av innholdet. Forskningsleder Ronny Klæboe har vært ansvarlig for kvalitets-sikringen av rapporten, mens sekretær Trude Rømning har tilrettelagt rapporten for publisering.

Oslo, april 2013
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Ronny Klæboe
forskningsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Introduksjon	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Kjøretøy	2
1.3	Hensikten med oppdraget	3
1.4	Forventninger til Euro 6/VI	4
1.5	Miljøvennlige lette kjøretøy	4
1.6	Miljøvennlige tunge kjøretøy	5
2	Metode	7
3	Lette kjøretøy	9
3.1	Kjøresykluser for lette kjøretøy	9
3.2	Testresultater - lette kjøretøy	13
4	Tunge kjøretøy	20
4.1	Kjøresykluser for tunge kjøretøy	20
4.2	Testresultater - tunge kjøretøy	22
5	Diskusjon	27
5.1	Indikasjoner fra avgasstestene hos VTT	27
5.2	Skatter avgifter og restriksjoner	28
5.3	Betydning for fremtidig NO ₂ utslipp fra kjøretøyparken	29
5.4	Mer forskning og samarbeid med VTT	29
6	Referanser	30
	Vedlegg 1: Motorer og avgasser	31
V.1.1	Dieserbiler og bensinbiler	31
V.1.2	Effektive dieselmotorer	31
V.1.3	Utslipp av lokalt forurensende avgasser NO _x og PM	32
V.1.4	NO _x / NO ₂ -utslipp i virkelig trafikk	33
V.1.5	Avgasskrav og rensing av avgasser	35
	Vedlegg 2: Tabeller - måleverdier	38

Sammendrag:

Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi

TØI rapport 1259/2013
Forfatter(e): Rolf Hagman, Astrid H Amundsen
Oslo 2013 46 sider

I flere av landets største byer overskrides grenseverdiene for nitrogendioksid (NO₂), og det forventes at situasjonen med regelmessige overskridelsene vil vedvare om ikke tiltak for å redusere NO₂-utslippet iverksettes. Det er imidlertid viktig at myndighetenes reguleringer og tiltak bygger på kunnskap om forventede faktiske utslipp. Kjøretøy med dieselmotorer og Euro 5/V- teknologi slipper eksempelvis i dag ut store mengder NO_x og har stor del av skylden for overskridelsene av grenseverdiene for NO₂. Dette skyldes at de er utstyrt med partikkelfiltre og oksiderende katalysatorer som effektivt fjerner alle typer eksospartikler (PM), men som uønsket side-effekt slipper de ut 5-10 ganger mer NO₂ enn uten partikkelfilter. Nye og strengere avgasskrav vil gjelde for alle typer nye kjøretøy fra 2014-2016. Det er viktig å undersøke om de kommende Euro 6/VI-kravene vil redusere utslippene så mye som antatt, eller om ny renseteknologi skaper nye forurensingsproblemer. I denne forbindelse har Vegdirektoratet engasjert TØI og VTT for å utføre målinger av utslipp fra Euro 6/VI kjøretøy.

Resultatene fra svært begrenset antall målinger indikerer at utslippene av NO_x fra nye Euro 6 dieselpersonbiler kan være betydelig lavere enn fra Euro 5 dieselpersonbiler, men at de fortsatt er ca 2-4 ganger høyere enn grensen for typegodkjenning ved test utført i 23 °C, og ca 5-8 ganger høyere om testen utføres ved -7 °C (vinterkjøring). Samtidig kan utslipp av uregulerte avgassutslipp fra Euro 6 personbiler bli større og annerledes enn hva som tidligere er målt fra dieselpersonbiler. Utslippene av NO_x og NO₂ fra tunge kjøretøy med Euro VI motorer kan bli så lave at tunge kjøretøy slipper ut mindre av disse avgassene enn dagens dieselpersonbiler med Euro 5 teknologi og kommer på samme nivå som Euro 6 personbiler. Resultatene er lovende men usikre og bør følges opp med flere målinger. Inntil videre bør myndighetene være forsiktige med tiltak basert på typegodkjenningsverdier og på erfaringer med kjøretøy som har dagens eller gårdagens diesel- og bensinmotorer.

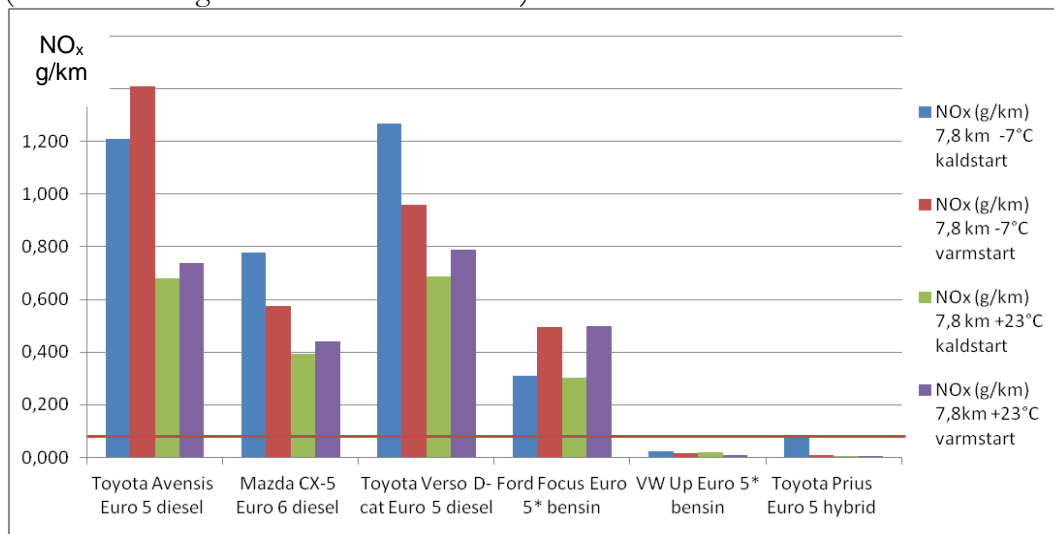
Prosjektet omfatter nye resultater fra avgasstesting av seks personbiler og to tunge kjøretøy med ny og interessant motorteknologi. Nye personbilmodeller som skal selges i EU må godkjennes i henhold til gjeldende Euro krav (Euro 1-6) og nye motorer til tunge kjøretøy må godkjennes i henhold til Euro I-VI kravene. To Euro 6 sertifiserte diesel personbiler, to Euro 5 dieselpersonbiler med spesiell NO_x rensing (D-cat), to bensinbiler med ny motorteknologi og to tunge kjøretøy med Euro VI-motorer er de nye kjøretøyene som er testet. Avgasstestene har vært gjennomført ved VTTs autoriserte avgasslaboratorium i Finland. På bakgrunn av resultatene fra avgasstestene kan vi si noe om hva som er muligheter og utfordringer med Euro 6/VI teknologi.

For å kunne utføre relevante avgasstester er vi avhengig av å få tilgang til Euro 6/VI typegodkjente biler og motorer. Disse kjøretøyene har avansert utslippsreducerende ny teknologi som i praksis er selektiv katalytisk reduksjon (SCR med AdBlue). Vi setter stor pris på den velvilligheten vi har møtt fra de internasjonale produsenter og de importører av kjøretøy i Norge og Finland som har bidratt til at kjøretøy med den kommende teknologien har blitt stilt til disposisjon og kunne blitt testet. Vi har spesielt ønsket å teste kjøretøyene under forhold som skal vise utslipp under normal bykjøring ettersom vi har erfaring for at testene som gjennomføres i

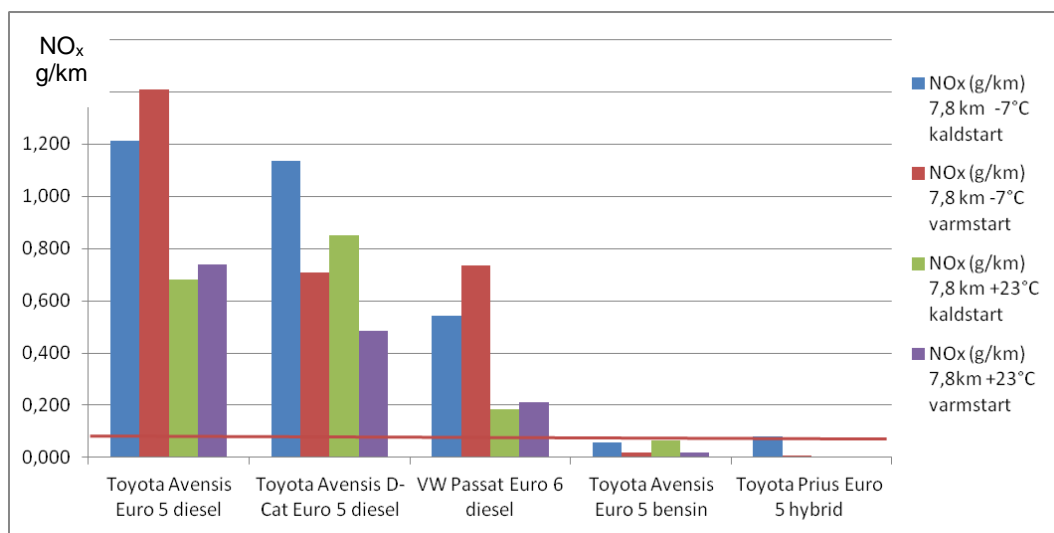
forbindelse med typegodkjenningen ikke gir et riktig bilde av utslippene i virkelig trafikk.

Euro 6 personbiler og ny motorteknologi

Utslippene fra personbiler er registrert ved kjøring av en ”Helsinki bykjøresyklus” på 7,8 km og ved temperaturene -7°C respektive $+23^{\circ}\text{C}$. NO_x avgassutslipp fra avgasstester med alle de i prosjektet testede personbilene vises i Figur S.1. Figur S.2 og Figur S.3 viser NO_2 og CO_2 avgassutslipp fra noen av personbilene. Som referansekjøretøy for de testede personbilene har vi tatt med en tidligere testet Toyota Avensis med 2,0 l Euro 5 dieselmotor og en Toyota Prius hybridbil (bensinmotor og delvis elektrisk fremdrift).



*Klarer utslippskravene for typegodkjenning Euro 6

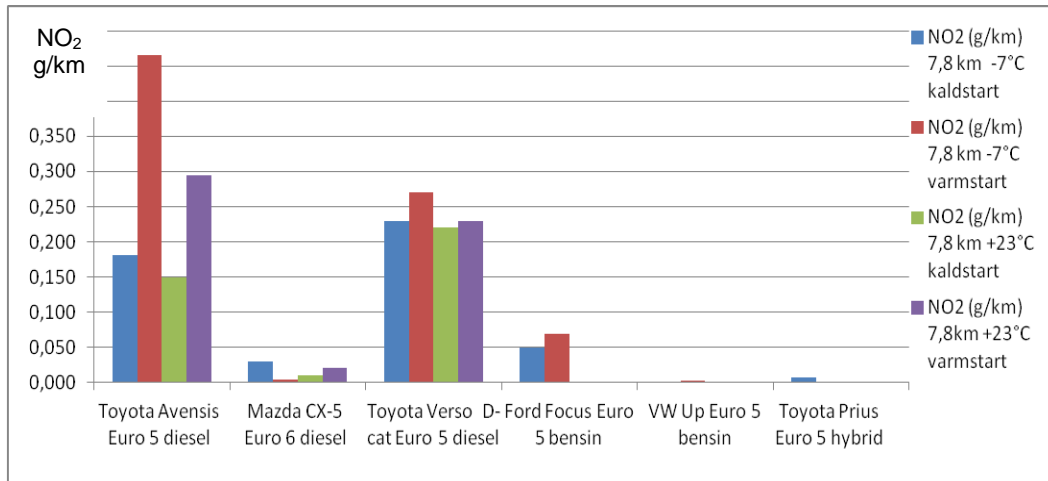


Figur S.1: Utslipp av NO_x fra seks respektive 5 personbiler ved kjøring av Helsinki bykjøresyklus i -7°C respektive $+23^{\circ}\text{C}$ med kaldstart og varmstart. Den røde streken angir NO_x kravet ved typegodkjenning av Euro 6 dieserbiler (0,08 g/km).

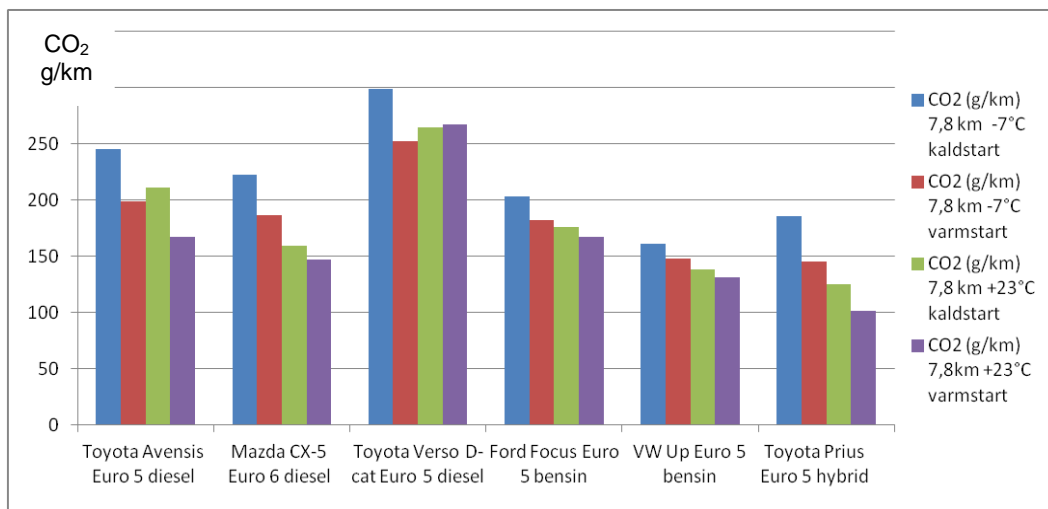
NO_x utslippene fra lette dieselpersonbiler kan gå markert ned med Euro 6 teknologi i forhold til Euro 5 teknologien. Reduksjonen kan bli spesielt høy ved bykjøring i $+23^{\circ}\text{C}$. Den røde linjen i figuren viser Euro 6 kravene til NO_x -utslipp for typegodkjenning av dieserbiler. Lav temperatur (-7°C) krever oppvarming av

systemene for reduksjon av NO_x, noe som gjør avgassrensingen mer komplisert og utslippene høyere.

Utslippene av NO₂ utgjør for dieserbiler ofte ca 30-50 prosent av de totale NO_x - utslippene (figur S.1 i forhold til figur S.2). Forholdet mellom NO_x komponentene ser ut å kunne være omtrent det samme for Euro 6 dieserbiler som for Euro 5 dieserbiler.



Figur S.2: Utslipp av NO₂ fra seks personbiler ved kjøring av Helsinki bykjøresyklus i -7°C respektive +23°C med kaldstart og varmstart.



Figur S.3: Utslipp av CO₂ fra seks personbiler ved kjøring av Helsinki bykjøresyklus i -7°C respektive +23°C med kaldstart og med varmstart.

Avgassmålingene hos VIT har gitt oss følgende indikasjoner og konklusjoner for personbiler:

- Nye Euro 6 dieselpersonbiler klarer avgasskravene for typegodkjenning.
- Utslippene av NO_x fra nye Euro 6 dieselpersonbiler kan ved +23 °C i virkelig bytrafikk være betydelig lavere enn fra Euro 5 dieselpersonbiler, men ville dersom typegodkjenningskravet hadde vært basert på utslipp i virkelig trafikk og ikke en atypisk testsituasjon ha overskredet grensen med 2 til 4 ganger. Under bykjøring og under vinterforhold ligger utslippene av NO_x fra nye

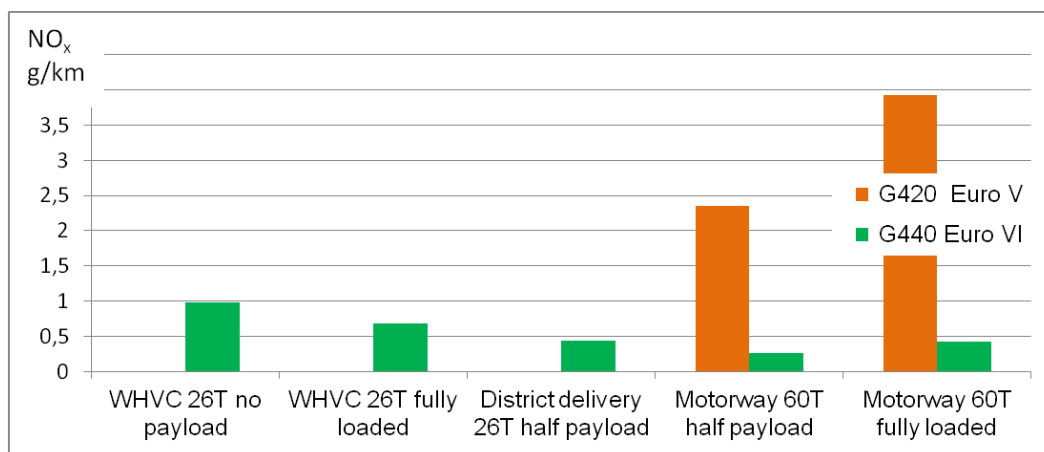
Euro 6 dieselpersonbiler ca 5-8 ganger høyere enn grensen for typegodkjenning.

- Utslippene av NO₂ fra nye Euro 6 dieselpersonbiler kan i virkelig bytrafikk utgjøre ca 30-50 prosent av de totale utslippene av NO_x.
- Utslippene av avgasspartikler, PM, ser ut til å være meget lave fra moderne Euro 5 og Euro 6 diesel personbiler med partikkelfiltre.
- Uregulerte avgassutslipp fra Euro 6 personbiler kan bli større og annerledes enn hva som tidligere er målt.
- Nye personbiler med små bensinmotorer med ny teknologi kan gi høye (høyere enn typegodkjenningskravet) utslipp av NO_x og PM i virkelig trafikk.
- Utslippene av CO₂ fra nye Euro 6 dieselpersonbiler kan i virkelig bytrafikk være relativt høye og katalytisk rensing med SCR krever tilskudd av varme.
- Nye bensinbiler med små bensinmotorer med ny teknologi kan i virkelig bytrafikk ha så lavt utslipp av CO₂ at de kommer ned mot samme nivå som tilsvarende dieserbiler.
- Av de testede personbilene hadde en bensinbil med hybrid fremdrift virkelig bytrafikk de laveste utslippene av klimagasser og lokalt helseskadelige avgasskomponenter.

Tunge kjøretøy med Euro VI motorer

Resultater fra avgasstestene med tunge kjøretøy og Euro VI motorer vises Figur i S.4 og S.5.

Kjøretøyene er testet ved ulike kjøretøysykluser som er typiske for tunge kjøretøy. Det er testet et tungt kjøretøy med en 13 liter Euro VI-motor og VTT hadde allerede tilgjengelig data fra en tidligere avgasstesting av et tilsvarende kjøretøy med Euro V motor. Resultatene fra testene med de to identiske kjøretøyene med motorer av forskjellige Euroklasser er for sammenlikning lagt inn i samme diagram (S.4).

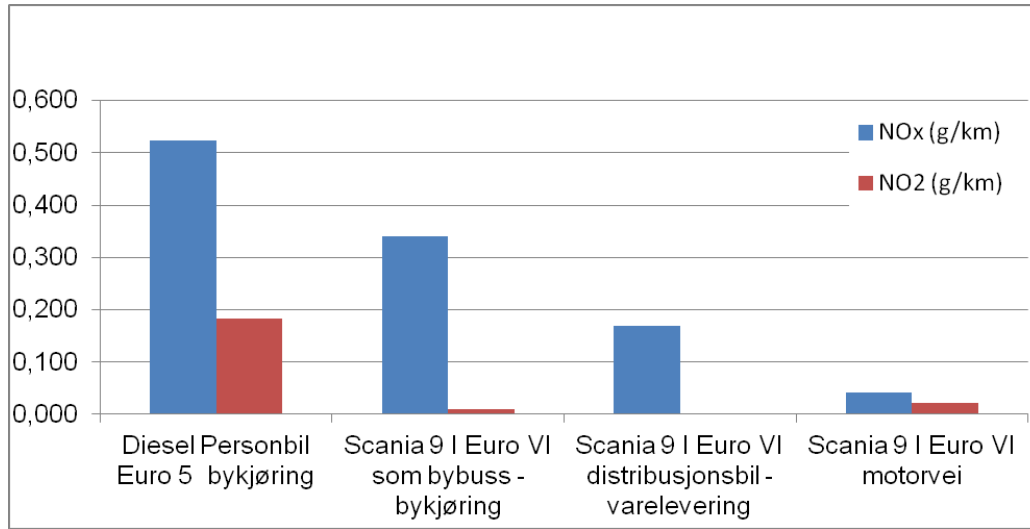


Figur S.4: Utslipp av NO_x fra et kjøretøy med 13 liters Euro VI motor ved kjøring av forskjellige kjøresykluser - sammenlikning med samme kjøretøy og Euro V motor.

Vi kan se (Figur S.4) at utslippene av NO_x med Euro VI motor i dette tilfelle kun var en brøkdel av det som slapp ut med Euro V motoren.

Avgassutslippene av NO_x og NO_2 fra testing av et tungt kjøretøy med 9 liters Euro VI-motor var også meget lave når det kjøres med en bybuss kjøresyklus og i noen andre kjøresituasjoner. Resultatene fra denne uttestingen er illustrert i Figur S.5. Utslippene fra dette tunge kjøretøyet med Euro VI teknologi kan sammenlignes med NO_x og NO_2 fra en typisk Euro 5 personbil med dieselmotor i by og køkjøring.

Utslippene av nitrogenoksider var faktisk lavere for dette tunge kjøretøyet enn for Euro 5 diesel personbilen. Av måleverdiene fremgår at det synes mulig å kunne få NO_x og NO_2 utslipp fra tunge kjøretøy på samme nivå som Euro 6 personbiler.



Figur S.5: Utslipp av NO_x og NO_2 fra et tungt kjøretøy med en 9 liter Euro VI dieselmotor - sammenligning med utslippene fra en typisk Euro 5 personbil med dieselmotor.

Avgassmålingene har hos VTT har gitt oss følgende indikasjoner og konklusjoner for tunge kjøretøy med Euro VI motorer:

- Tunge kjøretøy kan under alle kjøreforhold ha meget lave utslipp av NO_x og PM.
- Utslippene av NO_x var for et av de to testede tunge kjøretøyene med Euro VI motor 5-10 ganger lavere enn for et tilsvarende og på samme måte testet kjøretøy med Euro V motor.
- Et av de to testede tunge kjøretøyene hadde i en kjøresyklus meget lave utslipp av NO_2 men relativt høye utslipp av klimagassen N_2O (lystgass).
- Avgasskravene til tunge kjøretøy, deres motorer og rensesystemer er nå så strenge at kjøretøyene og de motorer de skal ha bør tilpasses de kjøreforhold hvor de skal brukes.

Fokus og konklusjon

Resultatene fra de få tester som vi har gjennomført gir ikke grunnlag for å trekke endelige konklusjoner om Euro 6/VI-teknologi og om fremtidige avgassutslipp. Resultatene forteller oss at det er mulig å oppnå lave lokalt forurensende avgassutslipp samtidig som vi ser at nye problemer kan oppstå. Vi ønsker i denne rapporten ikke fokus på produsenter av motorer eller enkelte bilmodeller, men på Euro 6/VI teknologi, mulighetene for reduserte avgassutslipp og behovet for objektive avgassmålinger som gjenspeiler utslipp i virkelig trafikk. Avgassmålinger av kjøretøy med ny Euro 6/VI teknologi gir ny informasjon om muligheter og utfordringer med nye motorer og ny renseteknologi. Behovet for fler målinger av Euro 6/VI kjøretøy og internasjonalt samarbeid er stort, og kan gi oss fordypet kunnskap om hvor sikre de målte reduksjonene av helseskadelig avgassutslipp virkelig er, og hva som kan bli de nye utfordringene.

Det er et sterkt behov for økt kunnskap om Euro 6/VI avgassutslipp og samarbeid mellom internasjonale forskningsinstitutter, myndigheter og produsenter av kjøretøy. Mer kunnskap er avgjørende for å kunne fatte de rette avgjørelsene om kjøretøyteknologi, drivstoffer, utslipp og eventuelle tiltak for å forbedre luftkvalitet.

Summary:

Exhaust emissions from vehicles with Euro 6/VI technology

TØI Report 1259/2013

Authors: Rolf Hagman and Astrid H. Amundsen

Oslo 2013, 46 pages Norwegian language

In several major Norwegian cities exhaust emissions from vehicles is a problem and standards for air quality standard are expected to be exceeded in the years to come, if measures to reduce NO_x and NO₂ emissions are not implemented. Modern particulate traps effectively decrease particulate emissions from diesel exhaust, but with these traps and oxidising catalysts Euro 5/V vehicles emit 5-10 times more NO₂ than without. It is important to investigate to what extent the Euro 6/VI regulations, which will be mandatory from 2014-2016, will reduce the emissions and if new exhaust cleaning technology will create new problems. For the Norwegian Public Roads Administration, TØI and VTT has performed emission testing of Euro 6/VI vehicles and vehicles with new engine technology.

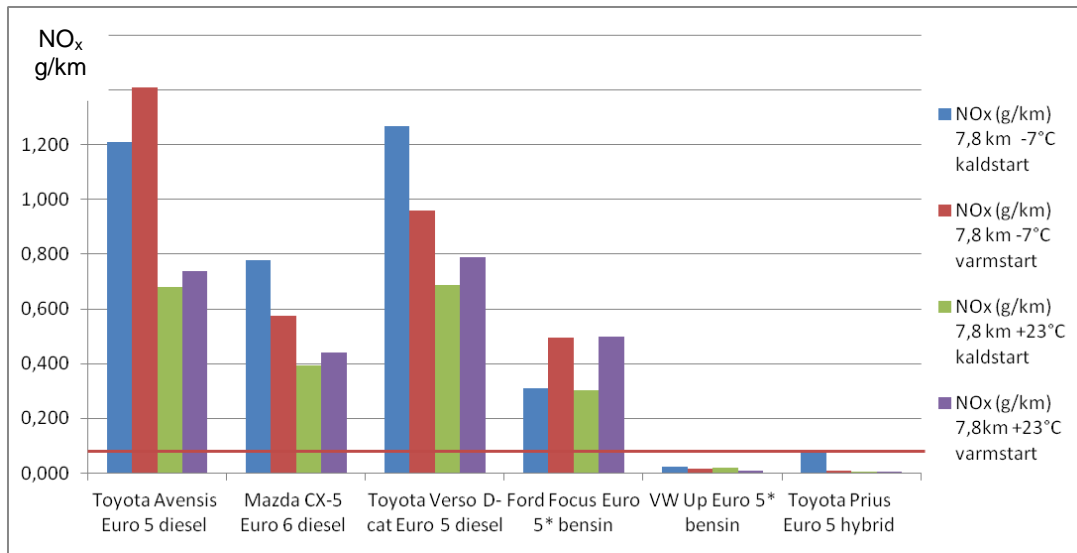
Results from these tests show that the emissions of NO_x from new Euro 6 light vehicles may be significantly lower than from corresponding Euro 5 light vehicles, but that they still at 23 °C in real life traffic may be about 2-4 times higher than the Euro 6 approval limits, and about 5-8 times higher at -7 °C (Nordic winter). Emission of unregulated emission components from Euro 6 cars and new engine concepts may be higher and different compared with what you traditionally have measured from diesel engine cars. The emissions of NO_x and NO₂ from heavy duty vehicles with Euro VI engines may be so low that these vehicles emit less of these exhaust components than today's diesel engine cars with Euro 5 technology, and they can reach about the same level as Euro 6 diesel engine cars. New knowledge about real life exhaust emissions from new vehicles with Euro 6/VI indicates that authorities should be careful in taking actions based on emission figures from legislation or experience with Euro 5/V vehicles and yesterdays engine technology.

This report present new results from emission testing of six light vehicles and two heavy duty vehicles with new and interesting engine technology. In addition we, as reference, present the emission values from three light vehicles tested in another TØI project. The emission tests have been performed at VTT's certified exhaust emission laboratory in Finland. It has been possible to get hold of two certified diesel cars with Euro 6 technology and two heavy duty vehicles with Euro VI engines for testing. Based on the emission tests we can estimate the possibilities and challenges with Euro 6/VI technology. We very much appreciate the positive attitude we have met from the international companies and importers of vehicles to Norway and Finland, who have contributed with vehicles for testing.

Euro 6 light vehicles and new engine technology

Some of the results from emission testing of light vehicles are shown in Figure S.1 (NO_x), Figure S.2 (NO₂) and Figure S.3 (CO₂). The emissions relate to a "Helsinki city cycle" of 7,8 km at the temperatures -7 °C and +23 °C. Reference vehicles are a Toyota Avensis with 2,0 l Euro 5 diesel engine and a Toyota Prius (petrol engine and partly electric drive).

Figure S.1 show that the NO_x emissions from light vehicles with Euro 6 technology may be significantly reduced compared with vehicles having Euro 5 technology. The reduction may be relatively high at +23°C, but low temperatures (-7°C) puts demand on heating before the systems for NO_x reduction (SCR) are operative, making the exhaust treatment more complicated, and emissions higher.



*Satisfy Euro 6 legislation emission limits

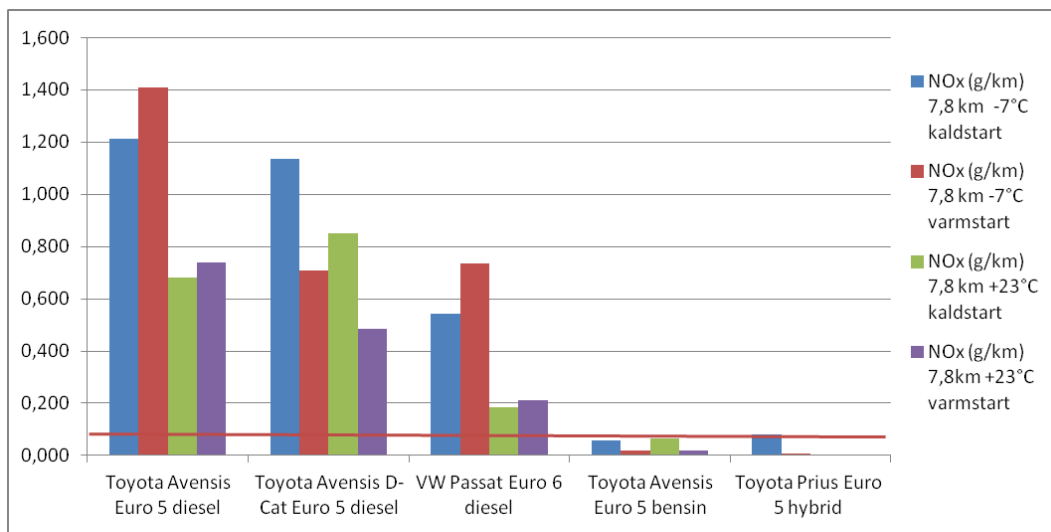


Figure S.1: Emissions of NO_x from six light vehicles tested with the Helsinki city cycle at -7°C and +23°C with cold and warm engine start. The red line show the Euro 6 limit for NO_x type approval of Euro 6 diesel engine cars (0,08 g/km).

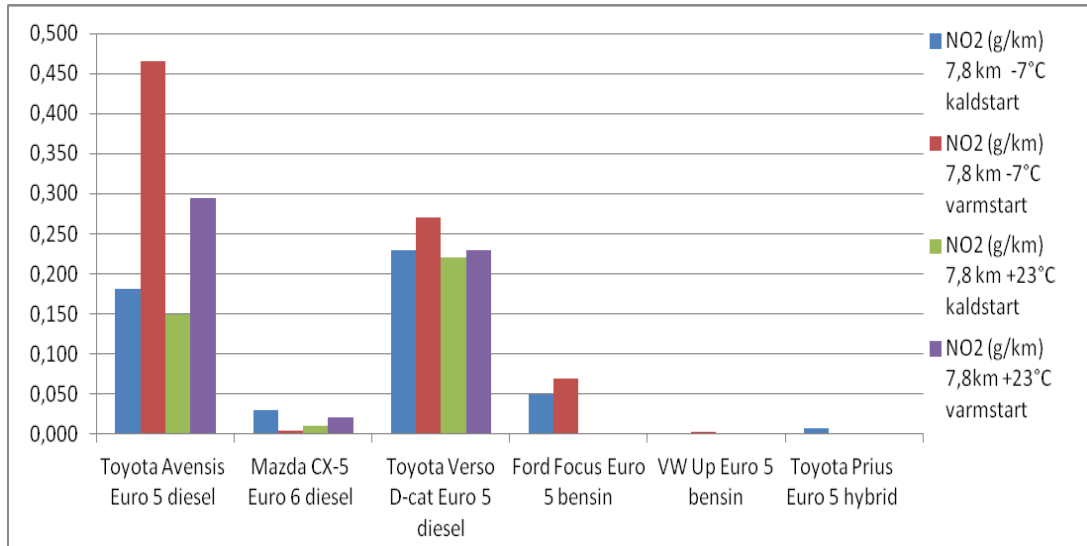


Figure S.2: Emissions of NO₂ from light vehicles tested with the Helsinki city cycle at -7°C and +23°C with cold and warm engine start.

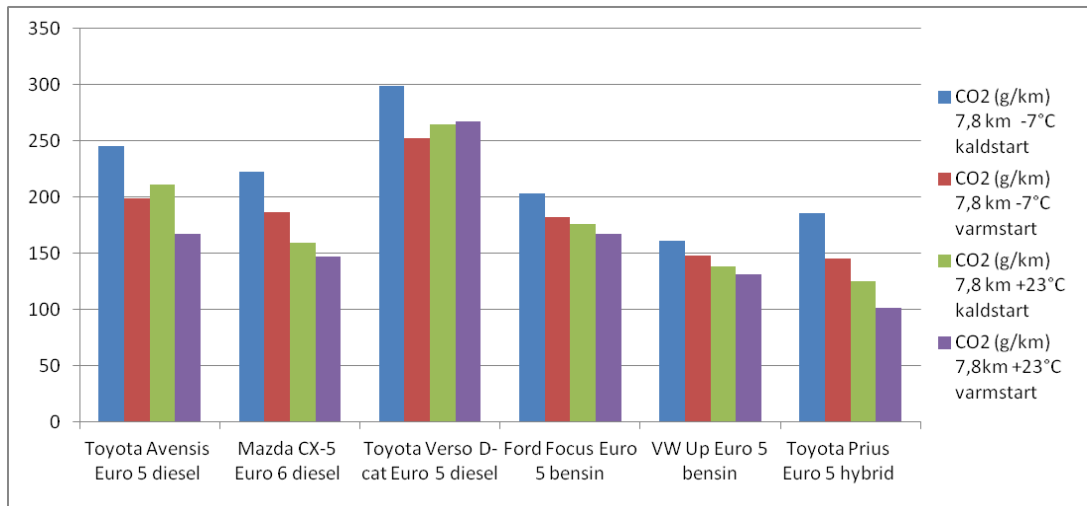


Figure S.3: Emissions of CO₂ from five light vehicles tested with the Helsinki city cycle at -7°C and +23°C and with cold respectively warm engine start.

The emission tests at VTT has given us the following indications and conclusions about Euro 6 cars and new engine technology:

- New Euro 6 light diesel engine vehicles comply with Euro 6 legislation
- Emissions of NO_x from new Euro 6 light diesel vehicles may in real life traffic and at 23 °C be significantly lower than from Euro 5 light diesel vehicles, but they may be 2-4 times higher than the limit for type approval (measured in g/km).
- Emissions of NO_x from new Euro 6 light diesel vehicles may in real life traffic and at -7 °C be 5-8 times higher than the limit for type approval.
- Emissions of NO₂ from new Euro 6 light diesel vehicles may in real life traffic be 30-50 percent of the total emissions of NO_x.
- Emissions of Particulate Matter (PM) from Euro 5 and Euro 6 light vehicles seems to very small from diesel vehicles having efficient Particulate Traps

- Emissions of unregulated exhaust components from Euro 6 light vehicles may be higher, and somewhat different compared with older diesel engines.
- Emissions of CO₂ from new Euro 6 diesel light vehicles may in real life traffic be relatively high, because of energy use for chemical reduction of NO_x.
- New light Euro 6 vehicles with small petrol engines and new technology may give us new challenges with emissions of NO_x and PM in real life traffic.
- New light Euro 6 vehicles with small petrol engines and new technology may in real life traffic have so low emissions of CO₂ that they come down to the same levels as cars with diesel engines.
- A petrol car with hybrid drive had the lowest emissions of both CO₂ and local pollutants in real life city traffic among the cars tested in this project.

Heavy duty vehicles with Euro VI engines

NO_x and NO₂ emissions from two heavy duty vehicles with Euro VI engines are shown in Figure S.3 and S.4. The vehicles are tested at VTT's heavy duty vehicle laboratory, with different driving cycles typical for the use of heavy (over 3 500 kg) vehicles. For the vehicle with a 13 l engine VTT had in its database a comparable set of emission data for three of the driving cycles with a corresponding vehicle with Euro V engine.

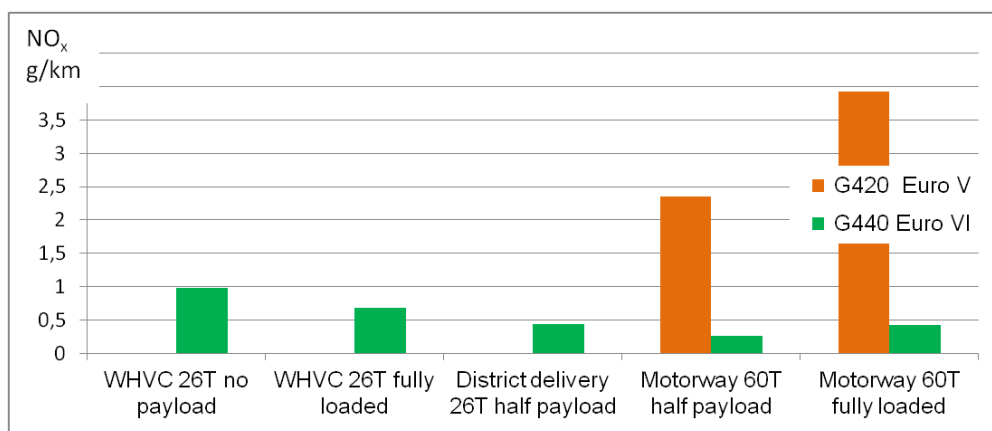


Figure S.4: Emissions of NO_x from a heavy duty vehicle with a 13 l Euro VI motor, and as a reference a corresponding vehicle from the same producer with Euro V engine, at different driving cycles and different payloads.

The emission of NO_x with an Euro VI engine were found to be only a fraction compared with what they were with an Euro V engine (Figure S.3). NO_x from a heavy duty vehicle with an Euro VI 9-l Euro VI-engine were very low, when it is driven as a city bus and in other driving cycles (Figure S.4). The nitrogen oxide (NO_x and NO₂) emissions from this vehicle in city driving can be compared with corresponding emissions from city driving of a typical light diesel Euro 5 car. The comparison shows that the emissions are lower from this heavy duty vehicle than from the light Euro 5 vehicle. Comparisons indicate that it even may be possible to get NO_x and NO₂ from heavy duty vehicles down to the same level as from light Euro 6 diesel vehicles.

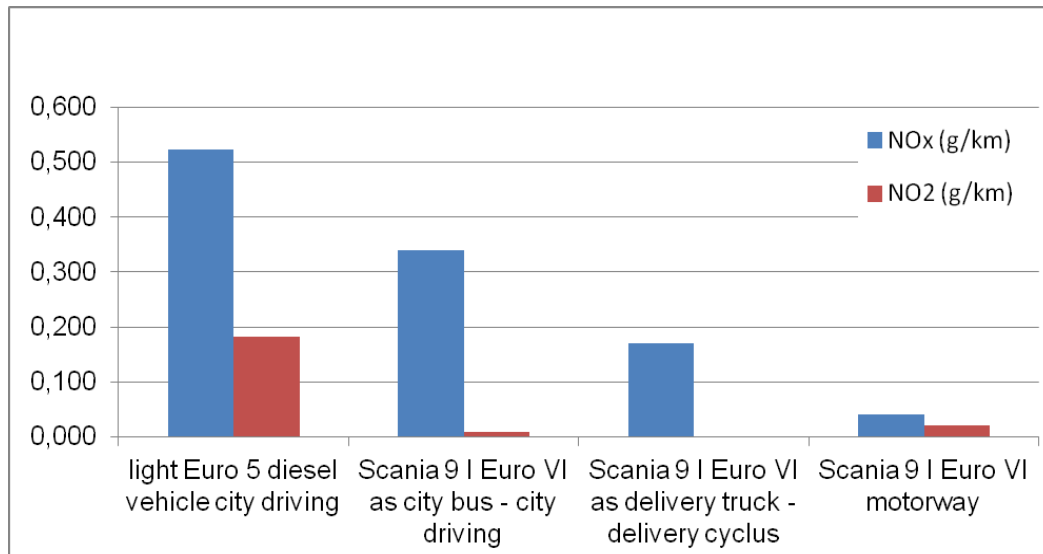


Figure S.5: Real life emissions of NO_x and NO₂ from a heavy duty vehicle with a 9 l Euro VI engine, in comparison with a typical Euro 5 car with diesel engine.

The emission tests at VTT has given us the following indications and conclusions about heavy duty vehicles with Euro VI engines:

- Heavy duty vehicles with Euro VI engines may in all kinds of driving cycles have low emissions of NO_x and PM.
- For one of the heavy duty vehicles with Euro VI engine were the emissions of NO_x and PM 5-10 times lower than from a corresponding vehicle with Euro V engine.
- One of the two heavy duty vehicles had in one driving cycle low emissions of NO₂ but relatively high emissions of N₂O (Laughing gas) which has a strong global warming effect.
- The demand for low levels of local emission from heavy duty vehicles, their engines and exhaust cleaning systems are now with Euro VI so strict that it is necessary to tune the engine and exhaust cleaning systems according to the use of the vehicle.

Focus and conclusion

The results from the few tests we have done and presented is not enough to draw solid conclusions about Euro 6/VI-technology and about future exhaust emissions. The results tell us at that it is possible to achieve low levels of regulated and unregulated locally harmful exhaust pollution, at the same time as we can see that new problems may arise. We want in this report not to focus on specific producers of engines or specific new car models. We want to find out more about Euro 6/VI technology, possibilities to reduce emissions and show the need for objective tests. The presented exhaust tests of vehicles with new Euro 6/VI technology give us new information about possibilities and challenges to reduce air pollution and emissions of CO₂.

There is a strong need for additional emission testing and cooperation between independent research institutes, authorities and vehicle producers. More knowledge is essential for authorities to be able to make the right decisions about vehicles, emissions and air quality.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Statens vegvesen ønsker med prosjektet *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi en dypere forståelse av hvordan* avgassutslipp fra nye kjøretøy vil kunne påvirke luftkvaliteten i norske byer. En slik forståelse er nødvendig for å kunne iverksette tiltak som er nødvendige for akseptabel luftkvalitet.

I flere byområder er det et problem at forurensningsforskriftens grenseverdier for NO₂ og dels også partikler overskrides. Mens piggdekk ofte er en viktig årsak til at grenseverdiene for partikler PM₁₀ overskrides, er det eksos fra vegtrafikken som er den største kilden til NO₂-utslipp. Spesielt i de største byene Oslo, Bergen, Trondheim og til dels Stavanger (årsmiddel) er utslippene av NO₂ et betydelig problem med overskridelser av både årsmiddel og timemiddel.

Lenge satte man sin lit til at stadig strengere utslippskrav til nye kjøretøy ville løse problemet med dårlig luftkvalitet. Utslippskravene til alle typer kjøretøy inklusive dieslbiler har blitt stadig strengere. Moderne bensinbiler med treveis katalysator har i dag svært små utslipp, men ikke alle typer kjøretøy har i virkelig trafikk fått like gode reduksjoner av alle typer lokalt forurensende avgassutslipp.

Problemer med overskridelse av grenser for luftkvalitet og høyere utslipp enn forventet fra kjøretøy i virkelig trafikk, har avdekket behov for bedre kunnskap om avgasser fra kjøretøy som oppfyller Euro 6-krav til lette kjøretøy og fra tunge kjøretøy med Euro VI-motorer. De strengere utslippskravene, Euro 6 for diesel personbiler og Euro VI for tunge kjøretøy (over 3,5 tonn) blir introdusert de nærmeste årene og er et krav fra 2015¹. Dersom det viser seg at nye renseteknologier for dieselaygasser ikke fungerer som ønsket, vil problemene med dårlig luftkvalitet bli forsterket.

TØI rapporten *NO₂-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer* (Hagman m fl 2011) viser at mens partikkelutslippene har minket, øker utslipp av den helseskadelige gassen NO₂ fra vegtrafikken. Årsakene til den negative utviklingen er den økende andelen av dieselskjøretøyer i kjøretøyparken, og de uønskede bi-effekter av oksiderende katalysatorer og partikkelfiltre som anvendes for å få ned andre utslipp fra dieslbiler. Generelle utslippsfaktor kan beregnes med beregningsmodellen ”Handbook of emission factors” (HBEFA). Utslippsberegningene i rapporten (Hagman m fl 2011) viser at uten ekstra tiltak vil befolkningen i norske storbyer fortsatt utsettes for helseskadelige forurensningsnivåer - med foreløpig topp omkring 2015. Etter 2015 kan det forventes en svak nedgang i konsentrasjonsnivået, det forutsetter imidlertid at utslipp fra nye biler i 2015 oppfyller intensjonene med Euro 6/VI-avgasskravene under reelle kjøreforhold og kulde.

¹ Euro 6-krav for lette biler og Euro VI for tunge blir innført fra 2014 til 2016. For enkelthets skyld bruker vi i dette dokumentet 2015 for når Euro 6/VI-kravene innføres.

Utviklingen innen motorteknologi, rensteknologi og drivstoffer skjer raskt, og den nyeste kunnskapen om utslipp og avgasskomponenter er i begrenset grad tilgjengelig (eller ikke i det hele tatt). Det samme gjelder for ulike typer drivstoffers egenskaper i kulde, og avgassutslipp ved forskjellige typer av kjøring. Erfaringene viser også at avgassutslippene kan være svært forskjellige for kjøretøy fra forskjellige bilmerker, men med den samme Euro klasse, den samme motorteknologi og den samme avgassrenseteknologien. Det er derfor viktig å gjennomføre uavhengige målinger av nye bilmodeller og kjøretøy med ny teknologi, for å sjekke at utslippene i Norge ikke vil bli høyere enn forutsatt.

Norsk kompetanse om motorteknologi og avgassutslipp fra kjøretøy er nødvendig for å sikre at grenser for luftkvalitet ikke overskrides, og for en hensiktsmessig videreutvikling av norske avgiftssystemer for kjøretøy med forskjellige fremdriftssystemer.

Norge har siden 2002 ikke lenger egne muligheter for å måle avgassutslipp fra kjøretøy under kjøring. TØI samarbeider for avgasstesting med den finske statens forskningsinstitutt, VTT som er et meget kompetent og avansert miljø for avgasstesting av kjøretøy.

Vegdirektoratet bevilget i prosjektet *NO₂-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer* midler for avgasstesting i kulde av to diesel personbiler med Euro 6 rensutstyr og avgasstesting av et tungt kjøretøy med Euro VI motor. Dessverre var det ikke mulig å få testet disse kjøretøyene i tid før fristene for levering av NO₂-rapporten.

Avgasstester med en typegodkjent Euro 6 VW Passat dieselbil, en Toyota Avensis med dieselmotor og D-cat renseteknologi og en Scania truck med typegodkjent Euro VI motor ble utført hos VTT i Helsinki med hjelp av økonomiske midler fra NO₂-prosjektet og blir sammen resultater fra Måleprogrammet med presentert i denne rapporten.

1.2 Kjøretøy

Med utgangspunkt i at det kun er testet et fåtall modeller fra enkelte bilprodusenter ønsker vi i denne rapporten ikke fokus på spesifikke produsenter av motorer eller enkelte bilmodeller. Fokus er rettet mot hva denne uttestingen kan fortelle oss om Euro 6/VI teknologiens muligheter for å kraftig redusere avgassutslippet.

Vi ønsker samtidig å få fram objektive resultater som reflekterer reelle utslipp under normal kjøring under nordiske forhold og avgassmålinger som gjenspeiler utslipp i virkelig trafikk. Avgassmålinger av kjøretøy med ny Euro 6/VI teknologi gir ny og ikke tidligere kjent informasjon om muligheter og utfordringer med nye motorer og ny renseteknologi.

Denne rapporten omfatter avgasstesting av seks personbiler og to tunge kjøretøy med interessant motorteknologi. Det har kun vært mulig å få testet to Euro 6 dieselpersonbiler og to tunge kjøretøy med Euro VI-motorer. Vi kan takket være avgasstestene si noe om hva som er muligheter og utfordringer med Euro 6/VI teknologi. Resultater og omfattende utslippsdata fra avgasstestene vises i figurer, tabeller og vedlegg. Vi setter stor pris på den velvilligheten vi har møtt fra de internasjonale produsenter og de importører av kjøretøy i Norge og Finland som har bidratt til at kjøretøy har blitt stilt til disposisjon og testet. Vi har for å kunne gi en dypere forståelse av teknologi, muligheter og utfordringer valgt ikke å anonymisere de testede bilene.

Alle biler og motorer er testet i avgasslaboratorium under kjøreforhold som tilsvarer virkelig trafikk. De testede bilene har alle klart de typegodkjenningskrav som de er sertifisert for. De kjøretøy vi har kunnet teste er ofte produsert av selskaper som ligger i forkant av utviklingen. Flere produsenter av kjøretøy har ikke ønsket å stille kjøretøy med Euro6/VI-teknologi til disposisjon for objektiv avgasstesting da de foreløpig ikke er klare for markedsintroduksjon.

Per desember 2012 er følgende Euro 6/VI kjøretøy med dieselmotor testet:

- En VW Euro 6 Passat 2,0 l diesel
- En Mazda Euro 6 CX-5 2,2 l diesel
- En Scania truck med typegodkjent 13 l Euro VI motor
- En Scania truck med typegodkjent 9 l Euro VI motor

Som følge av at det var umulig å fremskaffe flere Euro 6 dieselpersonbiler ble fire personbiler med ny og interessant motorteknologi testet etter avtalte med Vegdirektoratet.

Per desember 2012 er følgende biler med interessant ny motorteknologi testet

- Toyota Avensis Euro 5 med 2,2 l dieselmotor og D-cat renseteknologi
- Toyota Verso Euro 5 med 2,2 l dieselmotor og D-cat renseteknologi
- Ford Focus Ecoboost med 1,0 l Euro 5 bensinmotor
- Volkswagen Up med 1,0 l Euro 5 bensinmotor

Som referanser viser vi til avgassutslipp fra følgende personbiler som er testet for Toyota Norge i og hvor resultatene er vist i TØI rapporten *Plug-in Hybrid Vehicles* (Hagman og Assum 2012):

- Toyota Avensis Euro 5 med 2,0 l dieselmotor
- Toyota Avensis Euro 5 med 1,8 l bensinmotor
- Toyota Prius Euro 5 med 1,8 l bensinmotor (hybridbil)

1.3 Hensikten med oppdraget

Målet med prosjektet er å finne ut hvor store utslippene av NO_x, NO₂ og CO₂ er fra nye Euro 6 dieserbiler i virkelig trafikk.

Vi håper det vil være mulig å teste fire lette Euro 6 dieserbiler og to tunge kjøretøy med Euro VI motorer per år, og om vi klarer å oppnå dette, vurderer vi at det i 2015 med relativ stor sikkerhet vil være mulig si hvor store avgassutslipp nye kjøretøy med Euro 6/VI teknologi har i virkelig trafikk.

Etter hvert som resultatene fra flere bilmodeller blir tilgjengelige, vil vi få gode indikasjoner på hvor godt SCR-teknologien (Selective Catalytic Reduction) med reduksjonsmidler som for eksempel AdBlue fungerer. Oppbygging av nasjonal kompetanse og et samarbeid med kompetente avgasslaboratorier i utlandet, vil sikre et godt underlag for hensiktsmessige beslutninger og tiltak når det gjelder framdriftsteknologi og avgassutslipp.

Tilgangen på kjøretøy med Euro 6/VI teknologi er en forutsetning for at det planlagte måleprogrammet kan gjennomføres. Dette krever at produsentene er villige til å sende sine nye Euro 6/VI kjøretøy til uavhengig testing.

Hvor godt ny teknologi for fjerning av NO_x fra dieselavgasser vil virke i det lange løp, kan vi ikke vite helt sikkert før vi har erfaring med flere års bruk, og har avgasstestet kjøretøy med lang kjørelengde. SCR med ammoniakk som kjemisk reduksjonsmiddel og katalytiske prosesser er den teknikk som blir brukt for å klare Euro 6/VI kravene. Men helt ny teknologi kan gi overraskelser. Med et omfattende måleprogram vil Norge stå bedre rustet for å unngå uheldige tiltak og avgiftssystemer som kan få uønskede effekter. Egen forskningsresultater og egenkompetanse er også en nødvendig inngangsbillett for å få tidlig tilgang til annen Europeisk forskning og utprøving. I 2015 vil vi med en viss grad av sikkerhet kunne ha en formening om hvordan myndighetene best kan forholde seg til miljøegenskapene til de forskjellige bilmodellene, ny teknologi og Euro 6/VI kravene.

1.4 Forventninger til Euro 6/VI

Fortsatt høy dieselandel blant bilene som kjøpes nye fram til 2015, vil bety at Euro 5 dieselbiler blir hovedkilden til NO₂ utslipp i perioden fra 2015 til 2020. Prognoser basert på estimater fra ”*Handbook of Emission Factors for road transport (HBEFA)*” viser imidlertid at NO₂-utslippene fra kjøretøy med Euro 6/VI dieselbiler i virkelig trafikk vil bli kraftig redusert i forhold til de foregående Euro-klasser.

Det finnes mange særbestemmelser for når Euro 6 skal innføres, men for de fleste personbiler vil det være mellom 2014 og 2016. Det er først i 2016 en kan være sikker på at alle nye lette personbiler oppfyller Euro 6-kravene for typegodkjenning. Noen produsenter vil komme Euro 6 reguleringene for dieselbiler flere år i forkjøpet, mens andre vil vente med å gjennomføre endringer til de er nødt til å tilpasse seg.

Bilimportører vil, hvis det innebærer en merkostnad for kunden å velge en Euro 6-bil framfor en tilsvarende Euro 5-bil, i mange tilfeller velge å kun ta inn den modellen som er mest økonomisk for kunden. Utslippene av NO_x eller NO₂ vurderes i seg selv å ha liten betydning for kundens valg av bil.

1.5 Miljøvennlige lette kjøretøy

Reduksjon av bilers størrelse, vekt og motorer (downsizing) vil kunne medføre laver forbruk av drivstoff. Mer effektive bensinmotorer med vil kunne minske forskjellen i energiforbruk mellom små bensinmotorer og små dieselmotorer. Forskjellige kombinasjoner av elektrisk fremdrift og forbrenningsmotorer som gjør det mulig å utnytte de beste egenskapene av de to fremdriftssystemene vil kunne kombinere god rekkevidde med høy energieffektivitet.

En kombinasjonen av elektrisk fremdrift og fremdrift med forbrenningsmotor gjør det enklere å minske dannelsen av lokalt helseskadelige avgasskomponenter på grunn av at forbrenningsmotoren kan kjøres i belastningsområder der den er effektiv og at det elektriske systemet kan brukes for å oppnå ønsket akselerasjon og regenerativ bremsing.

Ulempene er at en kombinasjon av to drivsystemer ofte er mer kostbar enn en forbrenningsmotor eller en elektrisk motor.

De typer av lette kjøretøy som er tilgjengelige, og som i praksis vil kunne gi lave utslipp av klimagassen CO₂ og av lokalt helseskadelige komponenter som partikler PM, NO_x, NO₂ i de store norske byene i perioden 2013-2015 er (vi antar at HBEFA *Handbook of emission factors* sitt estimat for Euro 6 biler er sannsynlige):

- Elbiler
- Ladbare hybridbiler
- Hybridbiler med bensinmotor og dieselmotor
- Euro 6-dieslbiler som har godt fungerende renseteknologi for NO_x

I perioden fram til 2020 vil de samme biltyperne kunne kompletteres med diesel-hybridbiler som eventuelt også kan være ladbare fra strømmettet. Volvo V60 ladbar hybrid som er lansert i Norge, er et eksempel på en slik bil. I perioden 2015-2020 vil vi eventuelt kunne se en begynnende innfasing av brenselcellebiler med hydrogen som drivstoff.

Lette kjøretøy med dieselmotor kan med en relativt liten merkostnad erstattes med lette kjøretøy som har andre former for framdriftsteknologi. Små elbiler har allerede meget sterke insentiver og støtteordninger i Norge og kan være utmerkede biler til småkjøring og varelevering.

Ladbare hybridbiler kan med lavere avgifter og avgifter basert på utslippsreduksjonen som denne type kjøretøy gir, være en god løsning i for innbyggerne i de store byene Oslo, Bergen og Trondheim.

Opel Ampera er en interessant ladbar hybridbil som kan gå som helt elektrisk bil i 60 km. Volvo 60 er en bil mer i luksussegmentet, og lanseres som ladbar diesel hybrid i Norge i 2012. Dette er et eksempel på en stor ladbar hybridbil som kan gå på strøm i byen og som vil være en effektiv diesebil på landeveien. Toyota Prius blir introdusert med ladbare batterier og vil klare drøyt 20 km på oppladet strøm. Kostbare batterier og et norsk avgiftssystem som i liten grad tar hensyn til miljøfordelene til ladbare hybridbiler kan medføre at dette er bilmodeller som, til tross for at de vil være rett valg for innbyggere i storbyene, blir valgt bort på grunn av høy utsalgspris.

Hybridbiler med bensinmotor, eventuelt dieselmotor og større eller mindre grad av elektrifisering finnes og er tilgjengelige i Norge. At hybridbilene er meget energieffektive i bykjøring og for bensinhybridenes vedkommende, har tilnærmet null utslipp av NO_x er underkommunisert.

1.6 Miljøvennlige tunge kjøretøy

De typer av tunge kjøretøy som er tilgjengelige og som i praksis vil gi lave utslipp av klimagassen CO₂ og lave utslipp av NO₂ i de store norske byene i perioden 2012-2014 er (vi antar at HBEFAs estimat for Euro VI biler er sannsynlige):

- Busser og distribusjonsbiler med gassmotorer og treveiskatalysator
- Tunge kjøretøy med dieselmotor og hybridteknologi
- Tunge kjøretøy med Euro VI-motorer og godt fungerende renseteknologi for NO_x

I perioden 2015-2020 vil vi eventuelt kunne se en begynnende innfasing av tunge kjøretøy med brenselceller og hydrogen som drivstoff. Fra 2012 er for eksempel fem brenselcellebusser satt i trafikk i et prøveprosjekt i Oslo.

For lastebiler som kjører langtransport finnes det i et 10 års perspektiv ingen gode alternativer til dieselmotoren. Eventuelt vil enkel hybridteknologi kunne gi reduksjon av CO₂ på opp mot 10 % og noe reduksjon av lokalt forurensende avgassutslipp for denne type av transport. Dieselmotoren er:

- Energieffektiv ved jevn hastighet
- Er sterk og har høyt dreiemoment
- Tåler termiske belastninger

Det er få alternativer til å la langtransporten passere de store byene på gjennomfartsledene. I de store byene vil et godt alternativ være at busser og distribusjonsbiler går over til å kjøre på gass eller bruke avansert hybrid teknologi men med relativt stor batterikapasitet slik at en ikke risikerer at batteriet går tomt.. Dette vil i bytrafikk gi store gevinster når det gjelder CO₂ og utslipp av NO_x.

2 Metode

Måleprogrammet omfatter kjøretøy som tilfredsstiller kravene til Euro 6/VI (i henhold til typegodkjenningstesten). De kjøretøyene vi får tilgang til blir så testet ved VTTs avgasslaboratorium i Finland. De blir testet under ulike betingelser (bl a kulde), og ved hjelp av kjøresykluser som i større grad skal representere de belastninger kjøretøyene blir utsatt for ved kjøring i virkelig trafikk.

Måleprogrammet er som sagt primært rettet inn mot kjøring i virkelig trafikk. Kjøring i bykjøring og kulde er hovedutfordringen når det gjelder helseskadelige utslippskomponenter, men bykjøring gir også for mange typer kjøretøy høye avgassutslipp av klimagasser. Det er under testingen av kjøretøyene spesielt fokusert på NO₂, men vi har også testet og analysert for andre regulerte utslippskomponenter. I hovedsak vil dette omfatte:

- NO_x
- NO₂
- PM
- CO
- CO₂
- HC
- Andre avgasskomponenter som vi under prosjektets gang eller under målingene finner å være av interesse

Under prosjektets gang har VTT tatt i bruk alt mer avanserte målemetoder for å analysere innholdet av uregulerte avgasskomponenter. Av den grunn er avgassutslippene fra noen av de senere testene også analysert med FTIR (Fourier Transformasjon av Infrarød Spektroskopi) som gjør det mulig å oppdage eddiksyre, maursyre, ammoniakk med fler avgasskomponenter.

For bykjøring er "Helsinki city" bysyklus benyttet som kjøresyklus for å måle avgassutslippene fra de lette kjøretøyene. I kapittel 3.1 (lette kjøretøy) og kapittel 4.1 (tunge kjøretøy) gir vi en mer omfattende beskrivelse av de kjøresyklusene som er brukt ved testing av henholdsvis lette og tunge kjøretøy.

Alle avgasstester, også de foretatt i sertifiserte avgasslaboratorier gir resultater med en viss spredning (10-15 prosent er vanlig). Ved typegodkjenning, som har stor betydning for skatter og avgifter, utføres det derfor et stort antall tester for å redusere denne statistiske usikkerheten og komme fram til resultater som gjelder i gjennomsnitt for hele bilpopulasjonen.

VTTs avgasslaboratorium, har til hensikt å måle avgassutslipp ved kjøring under virkelige forhold og hvordan ulike kjøretøy kan ha ulike egenskaper. Forskjellene i denne metodiske tilnærming og den standardiserte måleprosedyren brukt ved typegodkjenningstester blir beskrevet i tabell 2.1.

Tabell 2.1: Sammenligning av metodikk for testing i VTTs avgasslaboratorium og typegodkjenningstesting av kjøretøy

	VTTs testing for VD/TØI	Typegodkjenning
Formål	<p>Teste kjøretøy slik som de er brukt i virkelig trafikk under spesifiserte klimatiske forhold inklusive nordisk kulde. Testene kan ikke brukes for å vurdere om kjøretøy oppfyller kravene til typegodkjenning.</p> <p>Passer best for sammenligning av forskjellige typer kjøretøy testet under samme testbetingelser, og for eksempel for å sammenligne Euro 5 med Euro 6.</p>	<p>Test for å verifisere at kjøretøy tilfredsstiller de til enhver tid gjeldende EU-krav når det gjelder avgassutslipp for typegodkjenning av nye bilmodeller.</p>
Utstyr	Kjøretøy dynamometer, med utstyr for å analysere avgassutslippet.	Kjøretøy dynamometer, med utstyr for å analysere avgassutslippet.
Drivstoff brukt i testsituasjonen	<p>Den som vanligvis blir tanket på det aktuelle kjøretøyet, vanlig kvalitet på markedet.</p> <p>EN 590 – for diesel EN 228 – for bensin</p>	Bruker et spesial drivstoff som brukes spesielt ved typegodkjenningstester, spesifisert i relevante direktiver og reguleringer.
Dekk brukt under testing	De som blir levert med kjøretøyet.	De som blir levert med kjøretøyet når det skal typegodkjennes.
Trykket i dekkene	Som spesifisert i brukermanualen.	Som spesifisert av produsenten
Repetisjon	Kjøresyklusene og temperaturnivået til kjøretøyene blir gjentatt for å se at spredningen av data er innenfor et rimelig intervall, men dekktyper og drivstofftyper kan variere fra test til test i og med at kjøretøyene er testet slik de var når de ble mottatt til laboratoriet.	Testene blir gjentatt (under samme betingelser) med unntak av små variasjoner i utstyr ved de ulike teststedene, og toleransen til det aktuelle testutstyret. Kjøretøyene kjøres på dynamometer av en sjåfør, noe som kan gi noe variasjon i resultatene.
Temperatur	-7°C og +23°C	+23°C
Test sykluser	<p>Helsinki syklus med kaldstart, etterfulgt av Helsinki syklus med varm start. Girskiftene er spesifisert.</p> <p>Tester I tillegg også noen av kjøretøyene vha NEDC syklusen, men test drivstoffet, kjøremotstanden, dekk og trykket i dekkene kan variere fra det brukt under typegodkjenningstesting.</p>	New European Driving Cycle (NEDC), der girskiftene er spesifisert.
Kjøretøy last	Uten fører	Med fører
Kalibrering av kjøre motstand	Basert på utrullingslengde "coast-down testing" av det aktuelle kjøretøyet	Basert på verdier angitt av produsenten
Analyse av avgassene	Ved testing hos VTT måles utslippene av CO, HC, NO _x , CO ₂ For kjøretøy med dieselmotorer måles PM og ellers måles de avgasskomponenter som mistenkes å ha betydning for helse eller å ha stor klimapåvirkning.	Ved typegodkjenning måles utslippene av CO, HC, NO _x , CO ₂ og for kjøretøy med dieselmotorer måles også PM
Usikkerhet	+/- 15%	+/- 15%

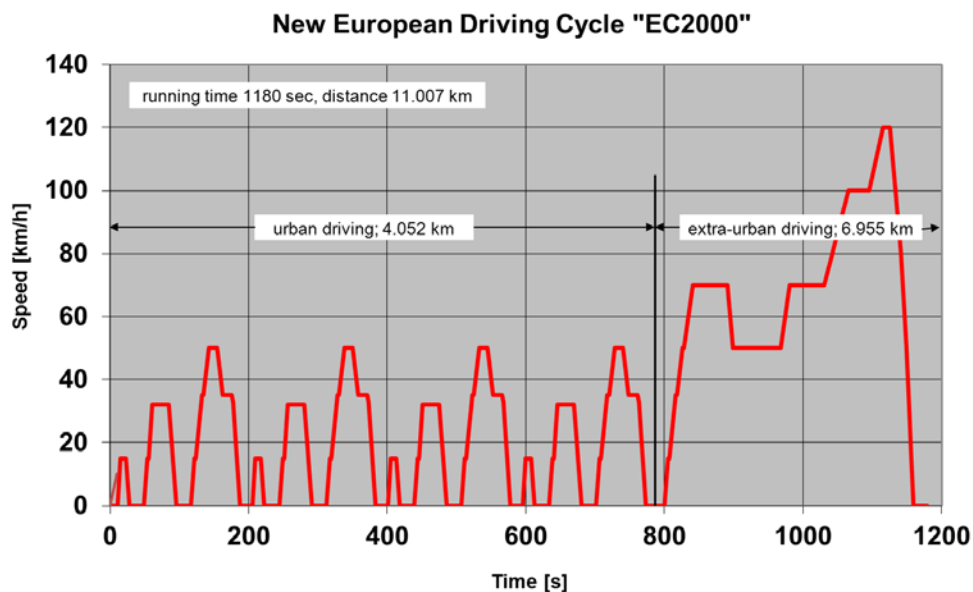
3 Lette kjøretøy

3.1 Kjøretykluser for lette kjøretøy

New European Driving Cycle (NEDC) er den kjøresyklus som nå brukes for typegodkjenning av personbiler i EU. I USA og Japan brukes andre kjøresykluser (se tabell 3.1). NEDC består av ulike faser som er ment å skulle fange opp både typisk bykjøring, og en del som skal representere kjøring på landevei med akselerasjoner og hastigheter opp til 120 km/h (se figur 3.1).

Tabell 3.1: Oversikt over noen kjøresykluser som brukes i typegodkjenningstester av lette kjøretøy. Kilde: Weiss m fl 2011.

	NEDC	ECE-15	US FTP-75	JTC 10-15	ARTEMIS urban
Område	EU	EU	USA	Japan	EU
Varighet (sek)	1 180	780	1 874	660	920,0
Lengde (km)	11	4	18	4	4,5
Gj. hastighet (km/t)	34	19	34	23	17,5
Max hastighet (km/t)	120	50	91	70	58,0



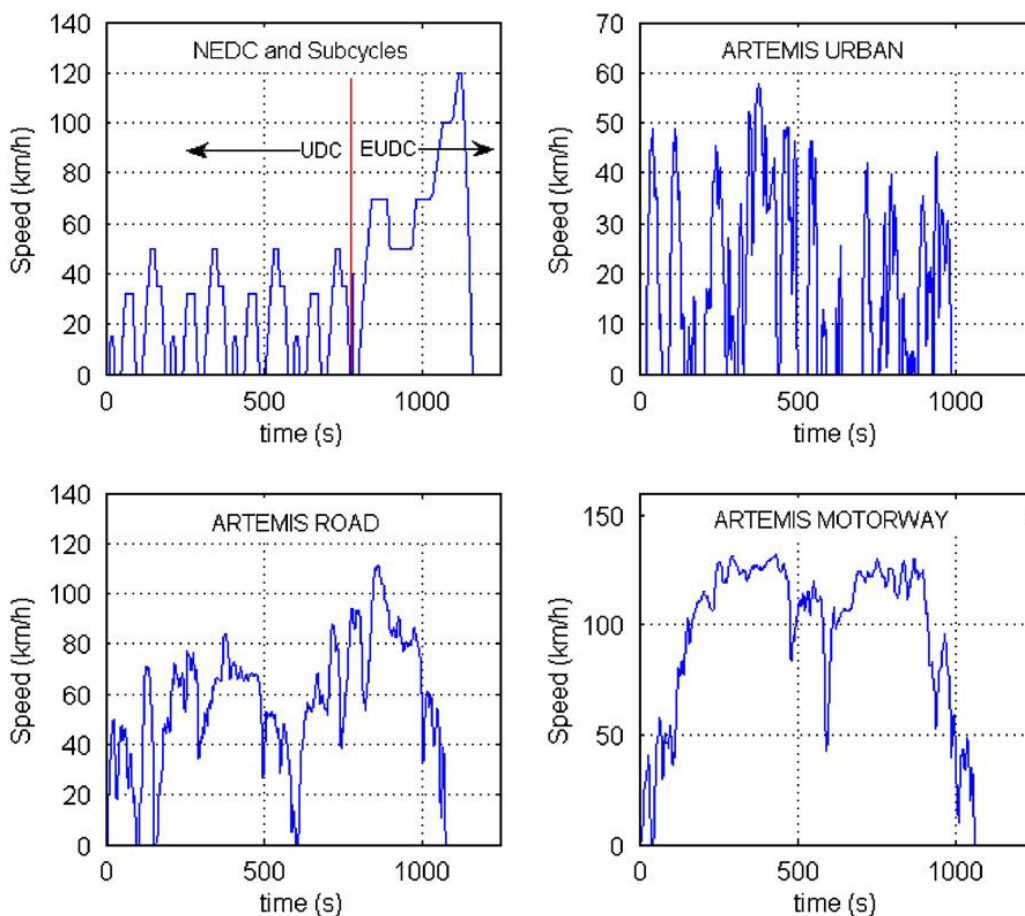
Figur 3.1: Hastighetsprofil for New European Driving Cycle (NEDC).

Kritikken mot kjøresyklusen NEDC og de fleste andre testsykluser for typegodkjenning som brukes i dag, er at akselerasjonene er for jevne og at de inneholder et begrenset utvalg av ulike motorbelastninger og turtall. NEDC syklusen fanger i liten grad opp faktisk forhold ved bytrafikk med lave hastigheter, høye turtall, kraftige akselerasjoner og retardasjoner (Weiss m fl 2011). Utslippene i faktisk bytrafikk kan derfor bli betraktelig høyere enn det typegodkjenningen til det aktuelle

kjøretøyet viser. Dette er en av årsakene til at EU nå er i ferd med å utrede innføring av mer relevante kjøresykluser. Lykkes dette vil kjøresykluser som skal benyttes for å teste kjøretøy fra 2014 tilfredsstillende kravene til Euro 6, også kunne brukes til å avdekke hvilke bilmodeller som faktisk har lave utslipp i virkelig trafikk.

For nordiske forhold er det verd å merke seg at avgassutslippene ved kald start i nordisk kulde ikke fremkommer i de standardiserte typegodkjenningstestene. NEDC testen blir utført på en slik måte at den inkluderer utslippene ved kaldstart med bilen, og motoren er da temperert til +23 °C. Utslippene er for alle motorer høyere ved kaldstart, enn ved start med driftsvarm motor. Avgassutslippene blir enda høyere ved kaldstart i nordisk kulde, som for test formål ofte er satt -7 °C.

Normalt varmes jordoverflaten og spesielt sort asfalt mer enn luftlagene over. Det gjøre at den varme luften stiger, mens kaldere luft synker ned. Dermed oppstår en vertikal utskifting av luften som også medfører at forurensningen føres bort, og forurensningskonsentrasjonene synker. Særlig ved streng kulde kombinert med klarvær og stille, får vi en dramatisk endring i dette mønsteret. Når det er klart og kaldt bidrar varmeutstråling og nattetemperaturer til at jordoverflaten blir kaldere enn luftlagene over. Ettersom kaldere luft er tyngre enn varmluften, stopper den vertikale utluftingen, og forurensningen hopper seg følgelig opp og vokser over tid. Det er under episoder med denne typen temperaturinversjon at grenseverdiene for luftkvalitet blir overskredet i store byer i Norge. Her spiller også topografiske forhold inn. Flere større byer er lokalisert i daler og fordypninger. Ettersom forurensningen samler seg i hulrommet sies det ofte at det er lagt "lokk" på forurensningen.

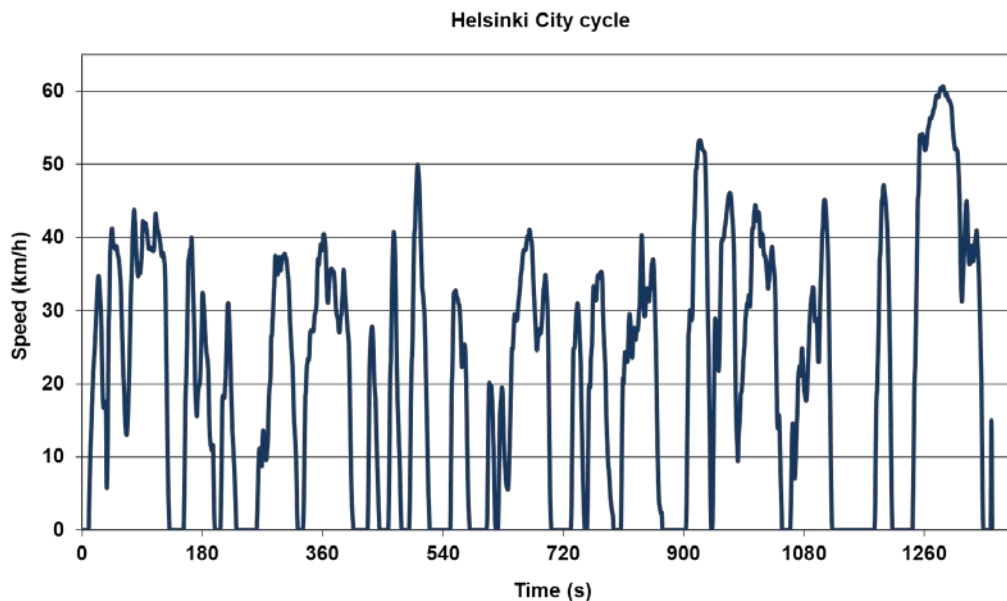


Figur 3.2: Artemis kjøresykluser.

Artemis er et stort Europeisk samarbeidsprosjekt med målsetting å kartlegge avgassutslipp og forurensing fra veitrafikk. Artemis har tatt frem kjøresykluser som på en troverdig måte vil representere bykjøring, landeveiskjøring og motorveiskjøring. Artemis kjøresykluser er kandidat til å bli nye kjøresykluser for internasjonal avgasstesting og typegodkjenning av kjøretøy. Figur 3.2 viser Artemis kjøresykluser på en måte som gjør dem lette å sammenlikne med NEDC. Artemis kjøresykluser vil etter hva vi kan forstå brukes for å oppgi utslippsverdier som representerer virkelige kjøreforhold i Europa (European real World conditions, CADC)

Kontaktperson for HBEFAs modell for beregning av utslippsfaktorer, Mario Keller fra Infrac i Sveits er sentral i Artemis-prosjektet. For beregning av utslippsfaktorer henter HBEFA informasjon hovedsakelig fra sveitsiske og østerrikske avgasslaboratorier. Innføring av Artemis testsykluser vil gjøre arbeidet med å få frem og dokumentere avgassutslipp enklere.

Å skape en kjøresyklus som er representativ for den type kjøring man vil etterligne i et avgasslaboratorium er enkelt med en bil som instrumenteres med GPS og opptaksutstyr for akselerasjon og hastighet. Helsinki bykjøresyklus er et eksempel på en kjøresyklus som er typisk for hvordan personbiler kjører i sentrum av Helsinki. Å bli enige om en internasjonal kjøresyklus som kan brukes for typegodkjenning av lette kjøretøy over hele verden er mer komplisert. Det krever også betydelige ressurser å bygge opp kompetanse og avgasslaboratorier som kan teste lette og tunge kjøretøy under relevante kjøreforhold.



Figur 3.3: Hastighetsprofil for "Helsinki City cycle" for personbiler.

Ved testene hos VTI blir flere testsykluser brukt for å studere avgassutslipp under forskjellige kjøreforhold. Bilene testes slik de blir levert og kjøremotstanden programmeres i henhold til egne målinger av utrullingslengder ("cost down" målinger).

Når den standardiserte kjøresyklusen NEDC for typegodkjenning av personbiler kjøres, blir resultatene av utslippsmålingene ofte høyere enn hva som blir oppgitt fra typegodkjenningen. I stort sett alle nye biler som blir testet klarer å oppfylle Euro-

kravene for den aktuelle bilmodellen. Dette innebærer i prinsipp at Euro-kravene oppfylles med en relativt god marginal. Selv om noen grenseverdier skulle overskrides vil bilene med tillatte tilpassninger sannsynlig ha klart typegodkjenningskravene. Bilene i dette prosjektet klarer alle de Euro krav de er typegodkjente for.

I dette prosjektet er vi opptatt av bilens utslipp i virkelig trafikk. Spesielt er resultatene fra bykjøring og utslippene i sterk nordisk kulde av stor interesse. Erfaringsmessig har det vist seg at avgassutslipp i bykjøring og i kulde kan være svært forskjellige fra de tall som blir oppgitt fra typegodkjenningen. Ved analyse av avgasstestene fokuserer vi på resultatene fra kjøring av Helsinki bykjøresyklus (se figur 3.3). Helsinki bykjøresyklus er registrert i Helsinki og typisk for hvordan personbiler kjøres i Helsinki.

VTI og TØI bruker Helsinki bykjøresyklus på en slik måte at bilene (lette kjøretøy med en vekt mindre enn 3,5 tonn) etter å ha stått i ro over natten, først testes, med kjøring av den 7,8 km lange "Helsinki bykjøresyklusen" som tar 23 min. Vi får da først en avgasstest med såkalt kaldstart.

Så parkeres bilen med motoren av (i ca 15 minutter) og deretter kjøres den 7,8 km lange "Helsinki bykjøresyklusen" på ny. Etersom motoren ikke har rukket å avkjøle seg, får vi da gjennomfør en avgasstest med varmstart.

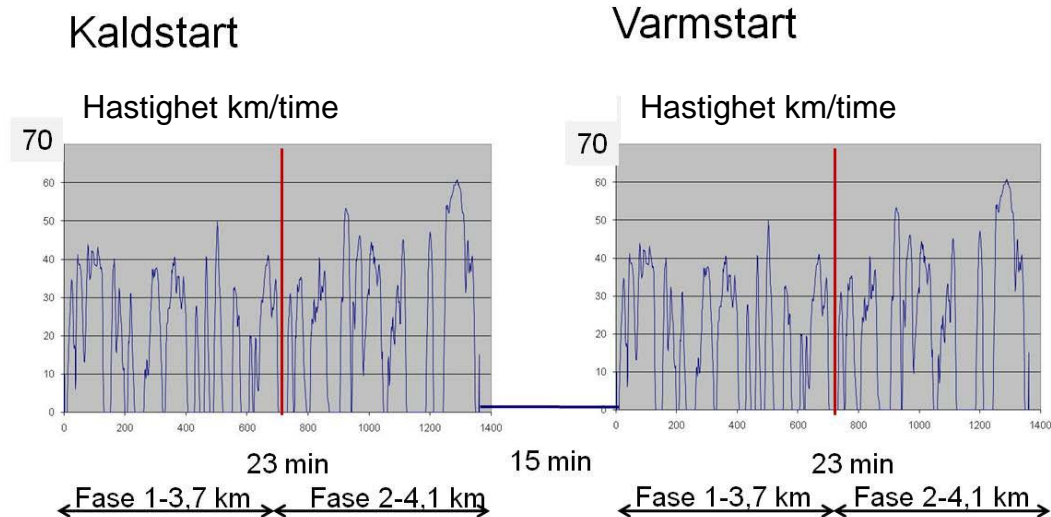
Hver av de to turene på 7,8 km er ment å representere et typisk brukermønster i en by, som for eksempel levering av barn i barnehage eller en handledtur.

Kulde er ofte en faktor som bidrar til høye avgassutslipp. Dette er imidlertid en faktor som sjeldent testes ut av ikke-nordiske vest og sentral-europeiske laboratorier. For å kunne se i hvilken grad streng kulde øker avgassutslippene i virkelig bytrafikk kjøres de to turene i avgasslaboratoriet ved temperaturene $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ i kuldekammer og ved $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vi får med denne testprosedyren måleverdier for:

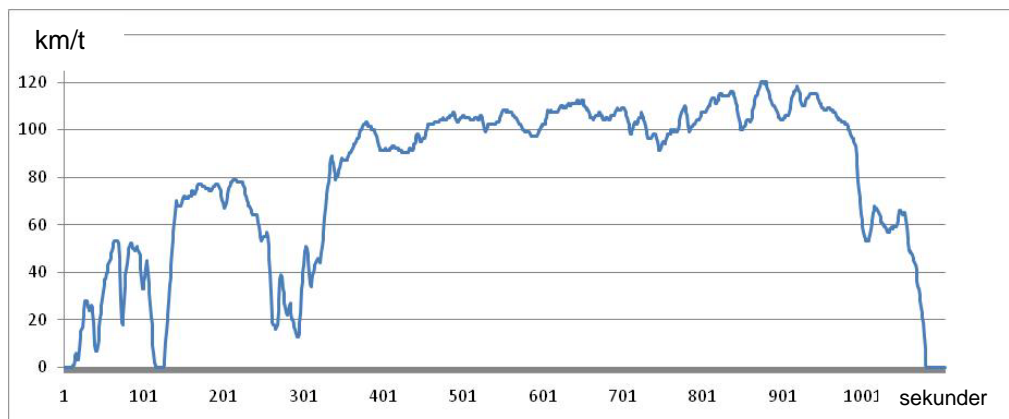
- bykjøring med kaldstart ved $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$
- bykjøring med varm ved $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$
- bykjøring med kaldstart ved $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$
- bykjøring med varm ved $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$

Eventuelt kan også hver Helsinki bysyklus deles opp i to faser på 3,7 respektive 4,1 km. Avgassutslippene fra de fire beskrevne testene med bykjøresyklusen gir et utfyllende bilde av de testede kjøretøyenes utslipp av klimagasser og lokalt forurensende avgasser under bykjøring, i kulde og ved normal temperatur på $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figur 3.4: Helsinki bykjøresyklus kjørt to ganger med en pause på 15 min, noe som gir syklus med kaldstart og en syklus med varmstart.

Etter den i figur 3.4 beskrevne prosedyren med to bykjøresykluser gjøres det også ved VTT ofte en avgasstest med kjøring av en finsk landeveiskjøresyklus med varmstart og varm motor. Avgassmålingene ved kjøring av landeveiskjøresyklus vil avdekke hvordan avgassutslippene er ved relativt jevn og høy hastighet.



Figur 3.5: Hastighetsprofil for VTTs finske "landeveissyklus" (TR-road) brukt både for lette og tunge kjøretøy.

3.2 Testresultater - lette kjøretøy

Vi ønsker med våre analyser av resultatene fra avgassmålingene ikke å fokusere på enkelte bilmodeller eller motorer, men på Euro 6 teknologi og mulighetene for redusert avgassutslipp i virkelig trafikk. De nye strenge avgasskravene (Euro 6) ser i de fleste tilfeller ut til å kreve Selective Catalytic Reduction med reduksjonsmidler som for eksempel AdBlue for at kjøretøy med dieselmotorer skal klare grensene for utslipp av NO_x . Et unntak fra dette er Mazda som med sitt "Skyactiv" konsept bruker lavere kompresjon i sylindrene enn andre dieselmotorer for å klare de nye Euro 6 / NO_x kravene uten tilsetning av reduksjonsmidler (Mazda Skyactiv Technology).

Det er en forutsetning for salg at alle nye kjøretøy skal klare de nye Euro 6 kravene ved typegodkjenning. Med høy grad av sikkerhet viser erfaring at objektive avgassmålinger av ny motor og renseteknologi, som de vi nå gjør, vil avsløre svakheter og høye utslipp under spesielle kjøreforhold.

Avgassmålinger av kjøretøy med ny Euro 6 teknologi gir ny informasjon om muligheter og utfordringer med nye motorer og ny renseteknologi når kjøretøy kjøres under virkelige og krevende kjøreforhold. Produsenter og importører som stiller nye kjøretøy og ny teknologi til disposisjon for objektive tester og målinger risikerer uønsket publisitet. På den andre siden er det med åpenhet og objektive tester mulig å oppdage behov for justeringer og forbedringer som vil bidra til et bedre og mer miljøvennlig kjøretøy.

Utslippsdata fra avgassmålingene vises i tabeller i vedlegg 2, og kan brukes til fordypet forståelse av avgassutslipp med dagens nye diesel og bensinmotorteknologi. De viktigste og mest interessante resultatene av de i dette prosjektet gjennomførte avgasstestene med lette kjøretøy vises i form av søylediagrammer. Utslippene fra kjøring av de to "tur og retur turene" med til sammen fire "Helsinki bykjøresykluser" blir for hver bil presentert i form av fire søyler med forskjellig farve. Som referansekjøretøy har vi valgt en Toyota Avensis med 2,0 l Euro 5 dieselmotor og en Toyota Prius hybridbil. Disse to bilene inngår i søylediagrammene som viser resultatene av avgasstester med fem personbiler og et med avgasstester med seks personbiler. Resultatene fra testene er fordelt på to figurer for å gjøre diagrammene mer leservennlige.

Alle nye Euro 6 bilmodeller som blir levert har klart de nye strenge utslippskravene som kreves for typegodkjenning. Vi ser allikevel at de nye Euro 6 dieselpersonbiler vi har testet kan ha vanskeligheter med å klare NO_x -kravene når de testes i "virkelig trafikk" og ikke under typegodkjenningstestforhold. Diesebiler med Euro 6 teknologi ser i virkelig trafikk ut å ha lavere utslipp av NO_x enn tilsvarende biler med Euro 5 teknologi. Utslippene av NO_2 fra nye Euro 6 dieselpersonbiler kan i virkelig bytrafikk utgjøre ca 30-50 prosent av de totale utslippene av NO_x .

Utslipp av avgasspartikler, PM ser ut til å være så små fra moderne Euro 5 og Euro 6 personbiler med partikkelfiltre at de under alle kjøreforhold med god marginal klarer typegodkjenningsverdiene. Utslippene av CO_2 fra nye Euro 6 dieselpersonbiler kan i virkelig bytrafikk være høye og sannsynlig høyere enn tilsvarende utslipp fra Euro 5 diesebiler.

Utslipp av uregulerte avgassutslipp fra nye Euro 6 personbiler (diesel- og bensinmotorer med ny teknologi) kan bli større og annerledes enn hva som tidligere er målt fra diesebiler. Nye personbiler med små bensinmotorer med ny teknologi kan gi nye utfordringer med høye utslipp av NO_x og PM i virkelig trafikk.

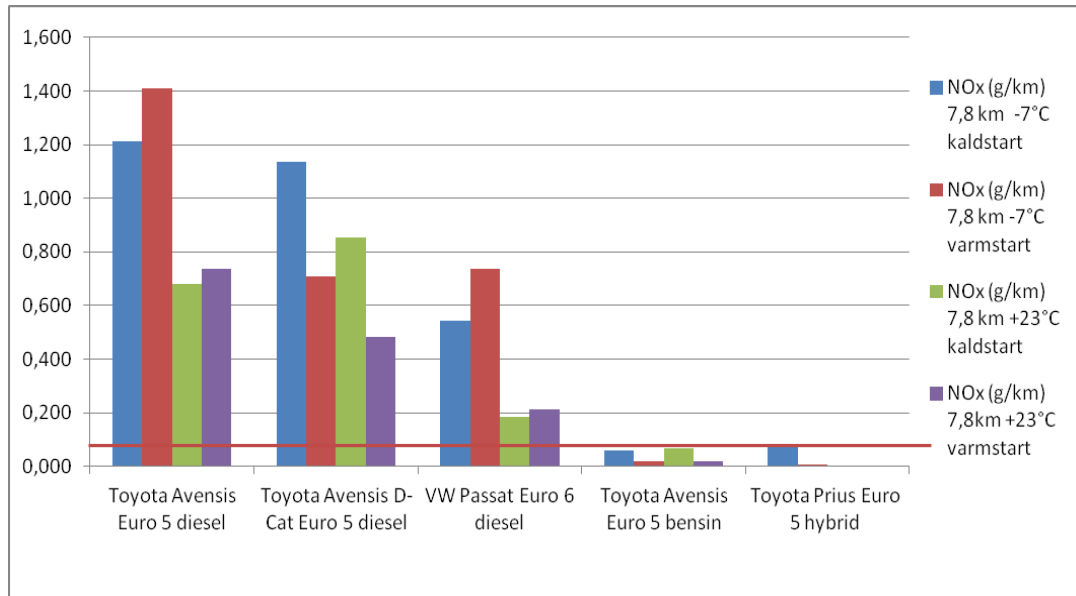
Nye bensinbiler med små bensinmotorer med ny teknologi kan i virkelig bytrafikk ha så lavt utslipp av CO_2 at de kommer ned mot samme nivå som tilsvarende diesebiler. En bensinbil med hybrid fremdrift viste seg i våre tester å ha de laveste utslippene av klimagasser og lokalt helseskadelige avgasskomponenter i virkelig bytrafikk.

3.2.1 Test - bykjøring

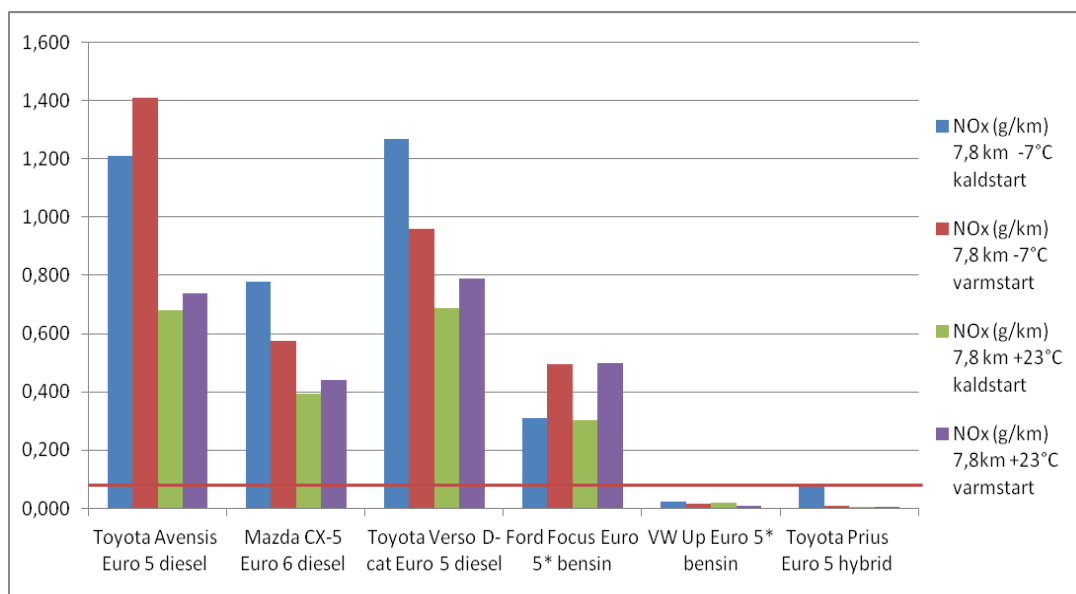
I figur 3.6a og 3.6b har vi lagt inn en linje som viser Euro 6 kravene for typegodkjenning av personbiler med dieselmotor. Som referanse bruker vi i

presentasjonene av resultater en Toyota Avensis med 2,0 l Euro 5 dieselmotor og en Toyota Prius hybrid.

NO_x utslippene kan ved bykjøring gå markert ned for personbiler med dieselmotor og Euro 6 teknologi i forhold til hva tilfellet var med Euro 5 teknologi (figur 3.6a). Reduksjonene ved tester i temperaturen +23 °C kan være store og komme ned under 0,2 g/km. I forhold til Euro 6 typegodkjenning av dieserbiler ser vi at utslippene ved bykjøring her kan være ca to ganger høyere enn typegodkjenningensgrensen på 0,08 g/km. Lav temperatur (-7 °C) som krever oppvarming av rensesystemet for kjemisk reduksjon av NO_x, kan gjøre avgassrensingen mer komplisert og derved kan avgassutslippene av NO_x komme opp i rundt 0,6 g/km.



Figur 3.6a: Utslipp av NO_x fra avgasstester med fem personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.

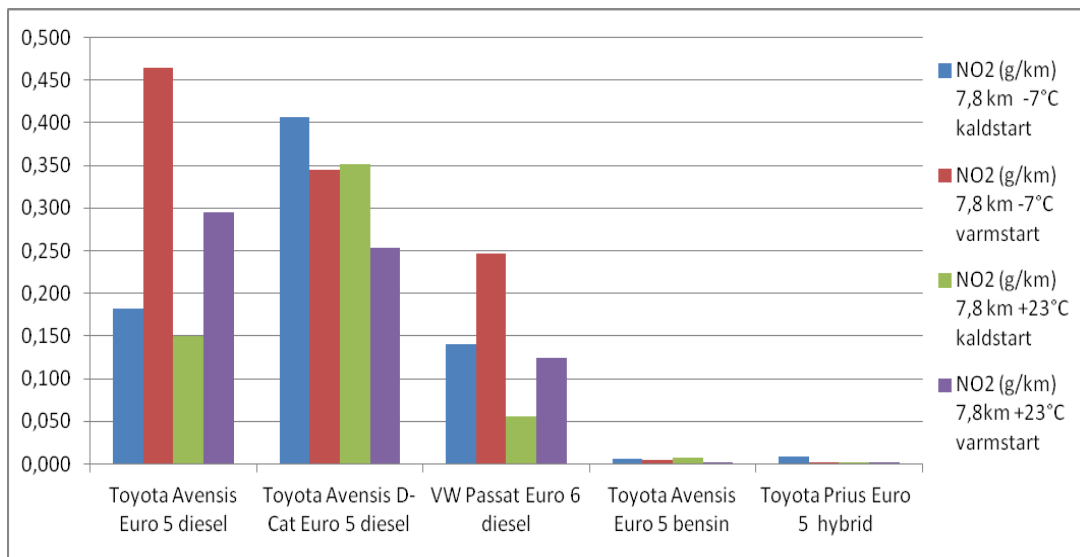


*Klarerer utslippskravene for typegodkjenning Euro 6

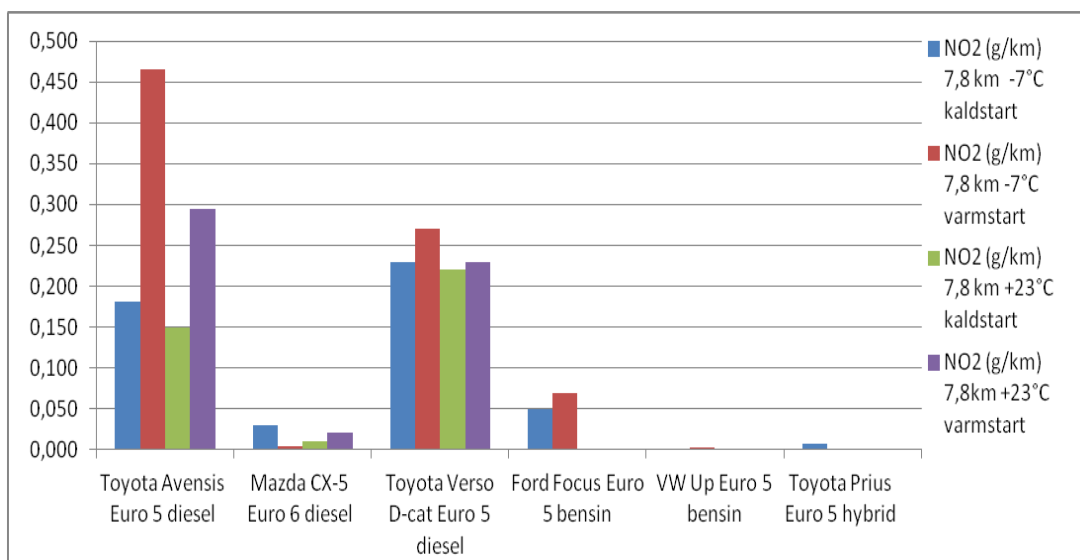
Figur 3.6.b: Utslipp av NO_x fra avgasstester med seks personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.

NO_x utslippene fra personbiler med dieselmotor og Euro 6 teknologi kan reduseres i forhold til utslippet fra Euro 5 kjøretøy i virkelig bytrafikk, men nivåene ved +23 °C kan være opp mot 4 ganger høyere enn verdiene fra typegodkjenningen. En bensinbil med ny motorteknologi kan også få høye utslipp av NO_x (figur 3.6.b).

Utslippene av NO₂ utgjør for moderne dieserbiler ofte ca 30-50 prosent av de totale NO_x -utslippene (figur 3.7.a i forhold til figur 3.6). Forholdet mellom NO_x komponentene ser ut å kunne være omtrent det samme for Euro 6 dieserbiler som for Euro 5 dieserbiler. Med lavere absolutte NO_x-utslipp blir i de fleste tilfeller også de absolutte NO₂-utslippene tilsvarende redusert.



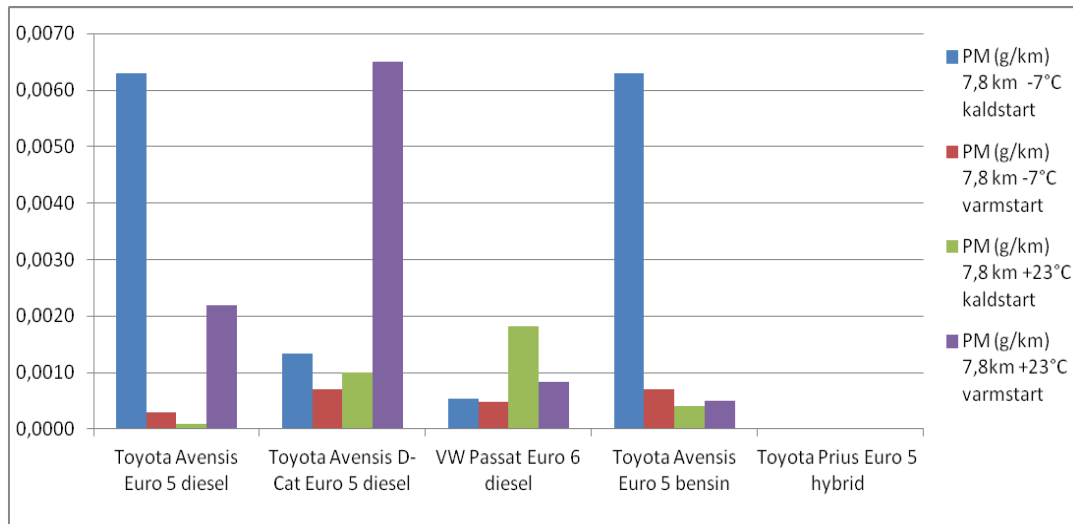
Figur 3.7.a: Utslipp av NO₂ fra avgasstester med fem personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.



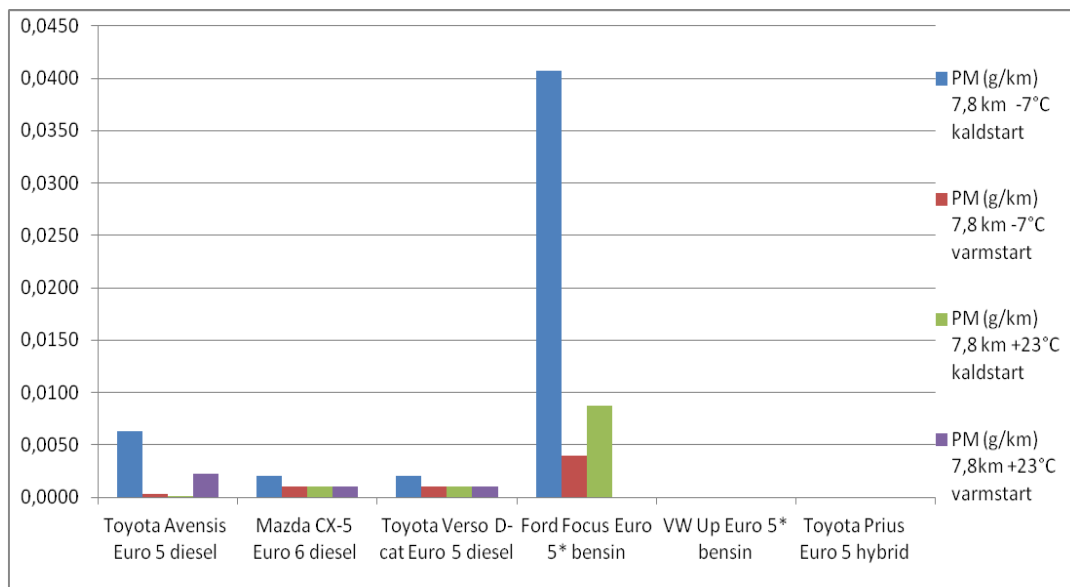
Figur 3.7.b: Utslipp av NO₂ fra avgasstester med seks personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.

Utslippene av NO₂ viser seg for en Euro 6 diesebil å kunne være lave også om NO_x utslippene er relativt høye. Vi vet at Mazda bruker et konsept som de kaller "Skyactive" (Mazda Skyactiv Technology) og med dette skaper lavere kompresjon i sylindrene enn hva som er tilfelle i andre dieselmotorer. Det ligger dog litt utenfor ambisjonene til dette prosjektet å kunne forklare hva som skjer med helt ny teknologi som nå introduseres for å klare Euro 6 kravene enten det er SCR eller Skyactiv Technology.

En bensinbil med ny motorteknologi kan få noe utslipp av NO₂ i kulde (figur 3.7.b).



Figur 3.8.a: Utslipp av PM, avgasspartikler fra avgasstester med fem personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.



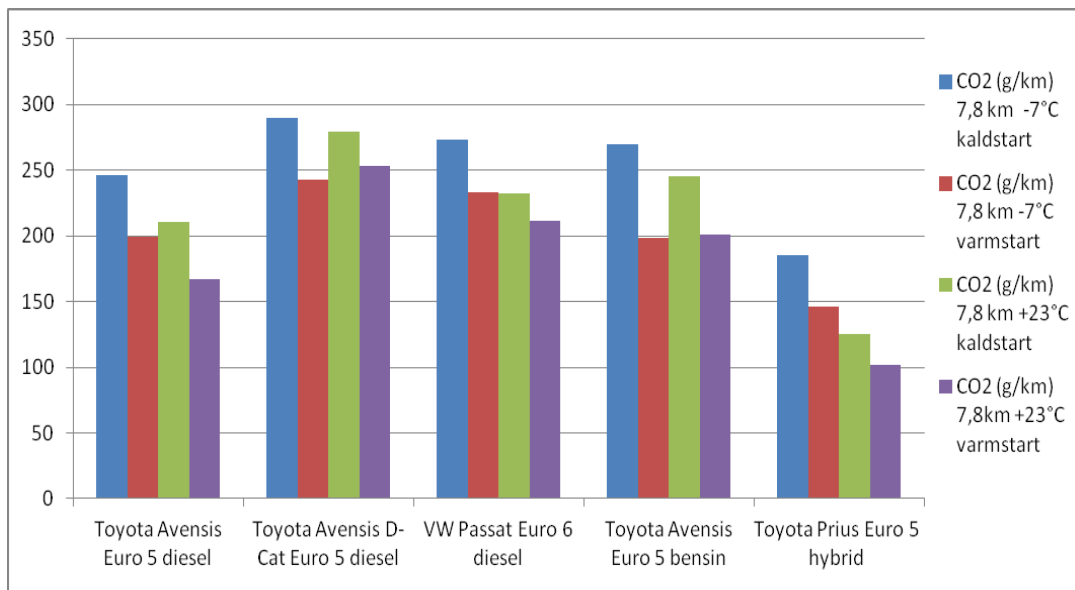
*Klarer utslippskravene for typegodkjenning Euro 6

Figur 3.8.b: Utslipp av PM, avgasspartikler fra avgasstester med seks personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.

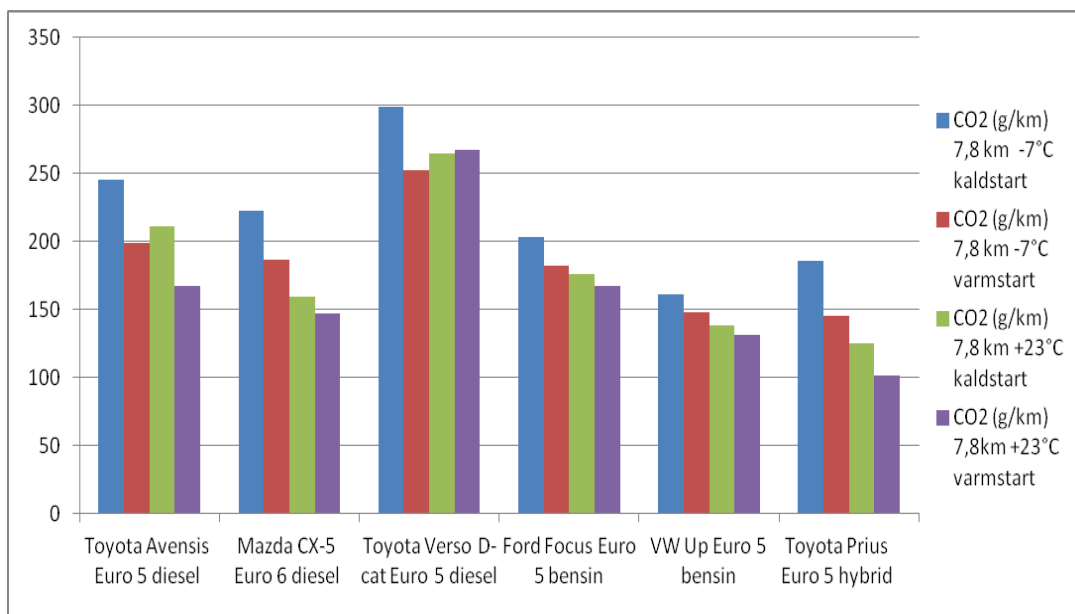
Utslipp av avgasspartikler, PM har tradisjonelt vært lave fra moderne bensinbiler men ny og energieffektiv motorteknologi kan by på nye utfordringer i kulde (figur 3.8.b).

Testresultatene med hensyn til utslipp av avgasspartikler, PM er så lave at moderne Euro 5 og Euro 6 personbiler enkelt klarer de strenge gravimetrisk kravene (0,005 g/km) for typegodkjenning av dieselmotorer (figur 3.8.a). Grunnene er at dieselmotorer har effektive partikkelfiltre.

Når måleverdien av PM (Particulate Matter), partikler kommer ned på nivået 0,001-0,002 g/km er usikkerheten i måleverdi høy. Vår forståelse er at moderne diesel personbiler (Euro 5 og 6) har meget effektive partikkelfiltre og at målte konsentrasjoner i byene (målt i g/m³) i dominerende grad kommer fra andre kilder enn direkte fra avgassrøret til moderne biler med partikkelfiltre.



Figur 3.9.a: Utslipp av CO₂ fra avgasstester med fem personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.



Figur 3.9.b: Utslipp av CO₂ fra avgasstester med seks personbiler og Helsinki bykjøresyklus under forskjellige betingelser for motortemperatur ved start og med forskjeller i omgivelsestemperatur.

Utslippene av CO₂ fra nye Euro 6 dieselpersonbiler i virkelig bytrafikk kan være høye og sannsynligvis høyere enn tilsvarende utslipp fra Euro 5 dieslbiler. En av årsakene til dette kan være at rensing med SCR og AdBlue krever oppvarmingvarme og energi.

Spesielt kan utslippene av CO₂ fra dieslbiler være høye ved kaldstart og bykjøring i kald omgivelsestemperatur. Forskjellene i utslipp av CO₂ for dieslbiler i forhold til tilsvarende bensinbiler ser i disse testene (figur 3.9.a) ut til å være mindre enn hva som tidligere har vært registrert.

Utslippene av CO₂ er under ellers like forhold sterkt relatert til størrelse og vekt. Store tunge biler har høyere energiforbruk og større utslipp av CO₂ enn tilvarende små og lette biler. En bil med ny energieffektiv bensinmotor kan ha utslipp av CO₂ som er i samme størrelse som tilsvarende dieslbiler med Euro 5 eller Euro 6 teknologi (figur 3.9.b).

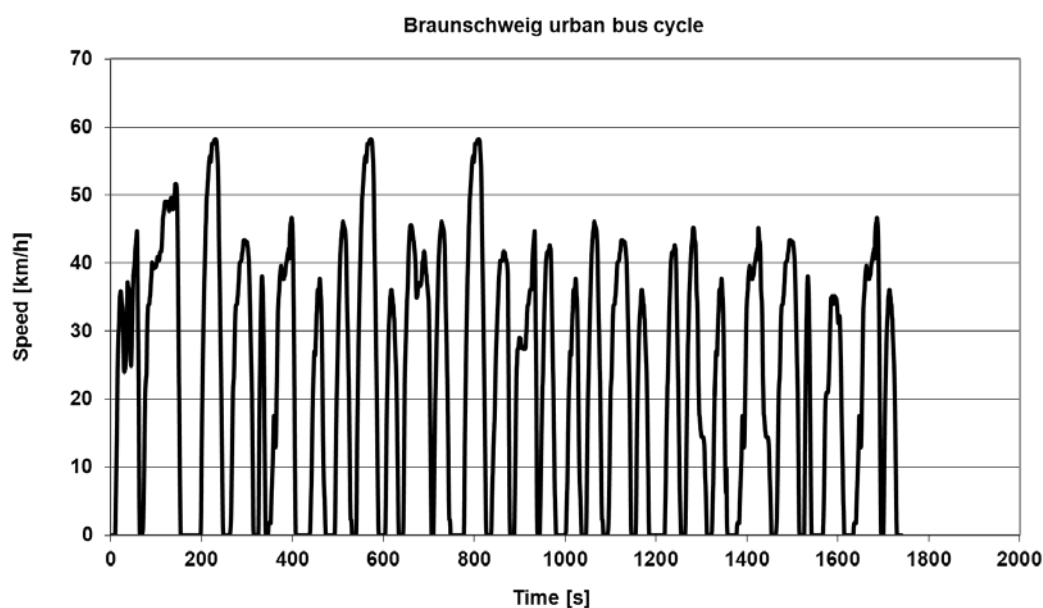
4 Tunge kjøretøy

4.1 Kjøretykluser for tunge kjøretøy

For tunge kjøretøy finnes ikke noen krav til avgassutslipp, i stedet er det motorene til tunge kjøretøy som må oppfylle Euro krav. Ved testene hos VTT avgasstester vi hele tunge kjøretøy i avgasslaboratorium. VTT har en testcelle med dynamometer for tunge kjøretøy. Temperaturen i denne testcellen er romtemperatur og temperaturen stiger som regel under testens gang på grunn av oppvarming fra de store motorene i tunge kjøretøy. Det vurderes som relevant å teste tunge kjøretøy under slike betingelser da tunge kjøretøy ofte startes relativt sjelden og kaldstartsegenskaper har mindre betydning for tunge enn for lette kjøretøy.

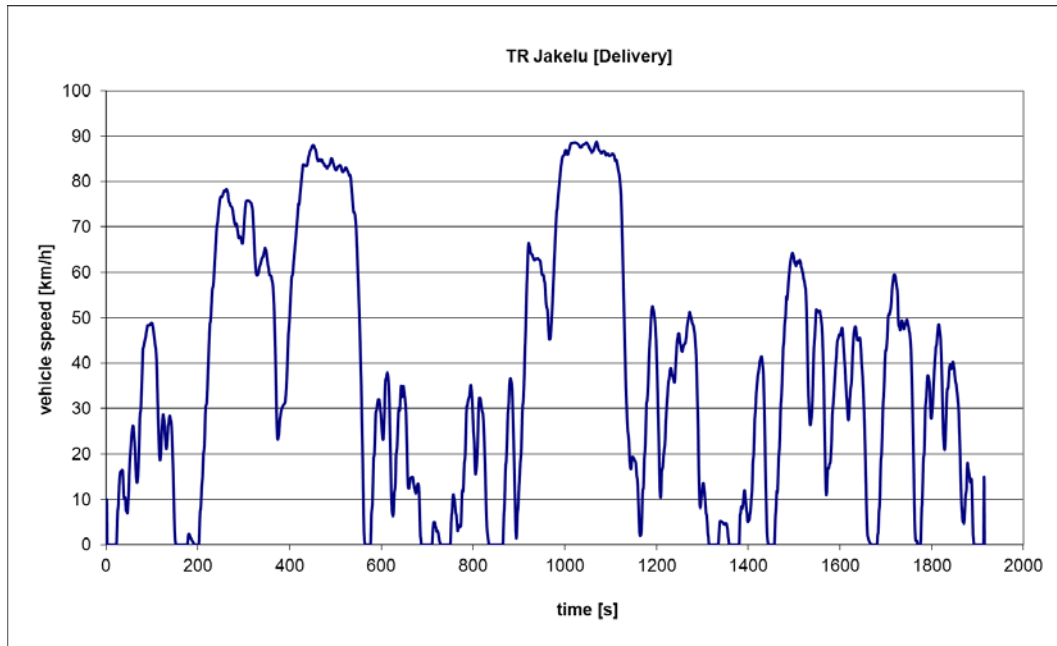
De kjøresykluser som blir brukt er tilpasset de typer kjøretøy som testes og de bruksområder de har.

En relevant kjøresyklus for busser i bytrafikk er Braunschweig kjøresyklus. Braunschweig kjøresyklus brukes av VTT for sammenlikning av avgassutslipp fra bybusser og inneholder mange start og stopp ved holdeplasser.



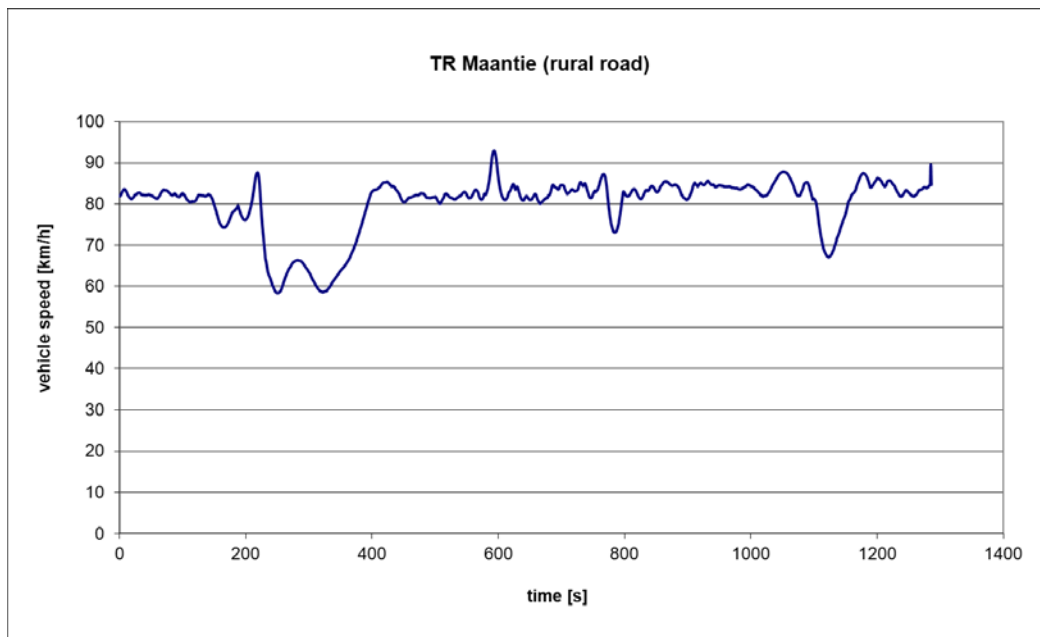
Figur 4.1: Hastighetsprofil for Braunschweig bykjøresyklus for bybusser.

VTT har målt og registrert hastighetsprofilen for typisk levering av varer med lastebil i virkelig trafikk i en by - (TR Jakelu). Denne kjøresyklusen (figur 4.2) blir brukt ved avgasstesting av kjøretøy som skal brukes til varelevering.



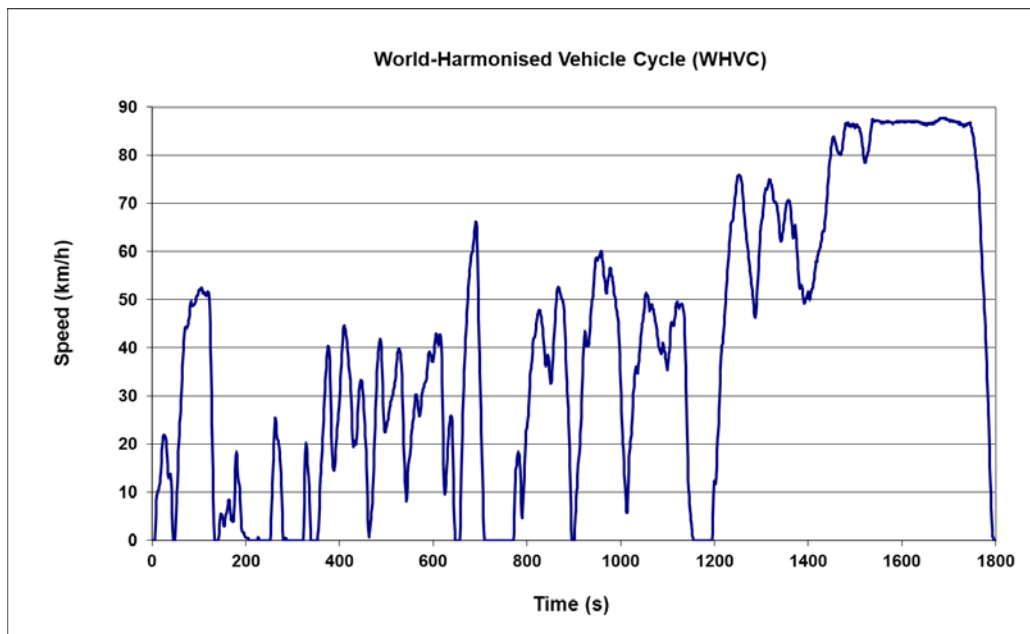
Figur 4.2: Kjøreprofil for varelevering med lastebil i en by - (TR Delivery).

En relevant kjøreprofil for tunge kjøretøy i langtransport er den finske TR Maantie. Den finske TR Maantie langtransport landevei kjøreprofilen (figur 4.3) brukes av VTI for sammenlikning av avgassutslipp av kjøretøy fra langtransport, og inneholder ikke start og stopp.



Figur 4.3: Hastighetsprofil for finsk kjøreprofil for langtransport - landevei/motorvei med tunge kjøretøy - (TR Motorway/rural road).

En generell kjøresyklus med blandet kjøring for avgasstesting av tunge kjøretøy er WHVC (World-Harmonized Vehicle Cycle). Denne kjøresyklusen (figur 4.4) inneholder, på samme måte som NEDC for lette kjøretøy, noe bykjøring og noe landeveiskjøring.



Figur 4.4: Hastighetsprofil for kjøresyklus for blandet kjøring med lastebil – WHVC (World-Harmonized Vehicle Cycle)

4.2 Testresultater - tunge kjøretøy

Vi ønsker på samme måte som for lette kjøretøy å ikke fokusere på enkelte bilmodeller eller motorer, men på Euro VI teknologi, og mulighetene for reduserte avgassutslipp i virkelig trafikk. De nye Euro VI avgasskravene for tunge kjøretøy (motorene) ser i enda høyere grad enn for lette kjøretøy ut å kreve Selective Catalytic Reduction med reduksjonsmidler (som for eksempel AdBlue) for at kjøretøyene skal klare NO_x kravet. Med stor grad av sikkerhet viser erfaring at objektive avgassmålinger av ny motor og renseteknologi, som de vi nå gjør, vil avsløre svakheter og høye utslipp av noen regulerte eller uregulerte avgasskomponenter under spesielle kjøreforhold.

Avgassmålinger av kjøretøy med ny Euro VI teknologi gir ny informasjon om muligheter og utfordringer med nye motorer og ny renseteknologi når kjøretøy kjøres under virkelige og krevende kjøreforhold. Produsenter og importører som stiller nye kjøretøy og ny teknologi til disposisjon for objektive tester og målinger risikerer uønsket publisitet. Få produsenter av tunge kjøretøy tilbyr foreløpig kjøretøy med Euro VI teknologi for salg. Vi har i dette prosjektet kun klart å få teste kjøretøy fra en produsent.

Utslippsdata fra avgassmålingene vises i tabeller i vedlegg 2, og kan brukes til fordypet forståelse av avgassutslipp med dagens nye diesel og bensinmotorteknologi. De viktigste og mest interessante resultatene av de i dette prosjektet gjennomførte avgasstestene med tunge kjøretøy og Euro VI motorer vises i form av søylediagrammer. Disse resultatene blir også kommentert i direkte tilknytning til figurene med diagrammene.

Tunge kjøretøy kan under alle kjøreforhold ha meget lave utslipp av NO_x og PM. Utslippene av NO_x fra testing av de to tunge kjøretøyene med Euro VI-motorer og med forskjellige konfigurasjoner var meget lave. Utslippene av NO_x var for et av de to testede tunge kjøretøyene med Euro VI motor 5-10 ganger lavere enn for et tilsvarende og på samme måte testet kjøretøy med Euro V motor.

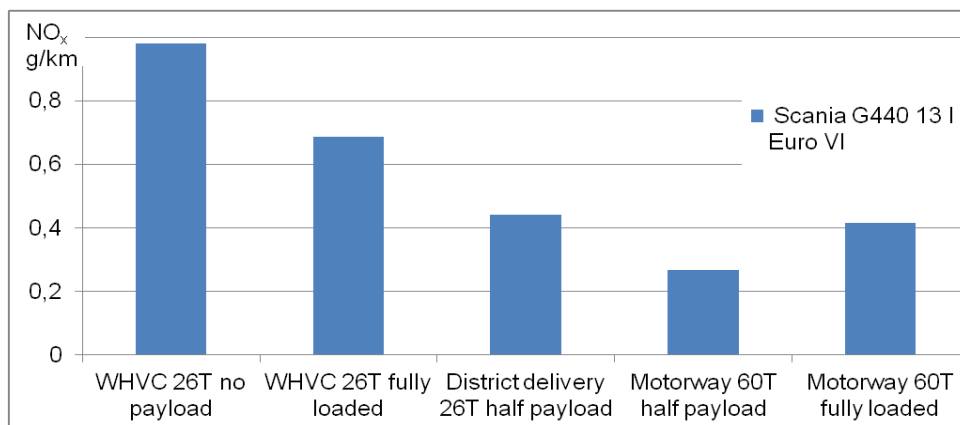
For det tunge kjøretøyet med 13 liters motor har vi kun målinger av NO_x men kan konstatere at de absolutte verdiene av NO₂ må være lave (mindre enn 0,1- 0,5 g/km) da den totale mengden NO_x er mindre enn 0,3- 1,0 g/km).

For det tunge kjøretøyet med 9 liters motor har vi målinger av NO₂ og kan se at de absolutte verdiene av NO₂ varierer mellom 0,02 og 0,15 g/km avhengig av testsyklus.

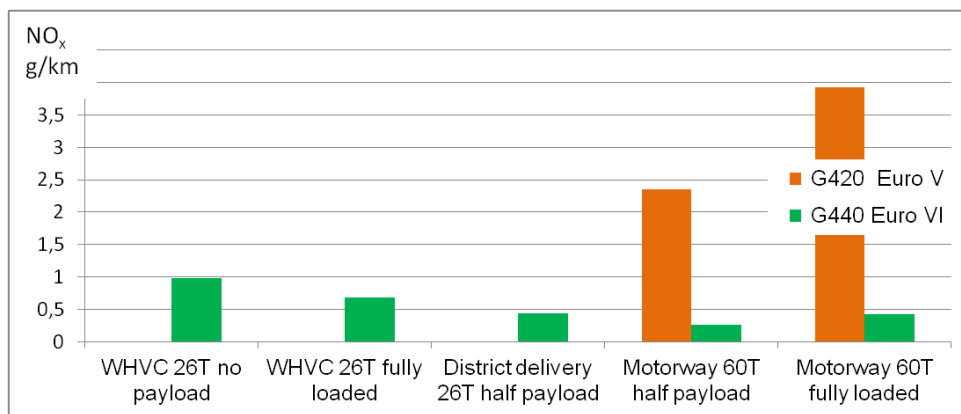
Fra produsenten av de testede kjøretøyene lærte vi at avgasskravene til tunge kjøretøy, deres motorer og rensesystemer, nå er så strenge at kjøretøyene og de motorer de skal ha *bør tilpasses de aktuelle kjøreforholdene hvor de skal brukes.*

4.2.1 Lastebil – 13 liters Euro VI motor

Det testede kjøretøyet hadde under alle kjøreforhold lave utslipp av NO_x. Hvor lave de var fremgår best når man kan sammenlikne størrelsen på utslippene med et helt tilsvarende kjøretøy med Euro V motor.



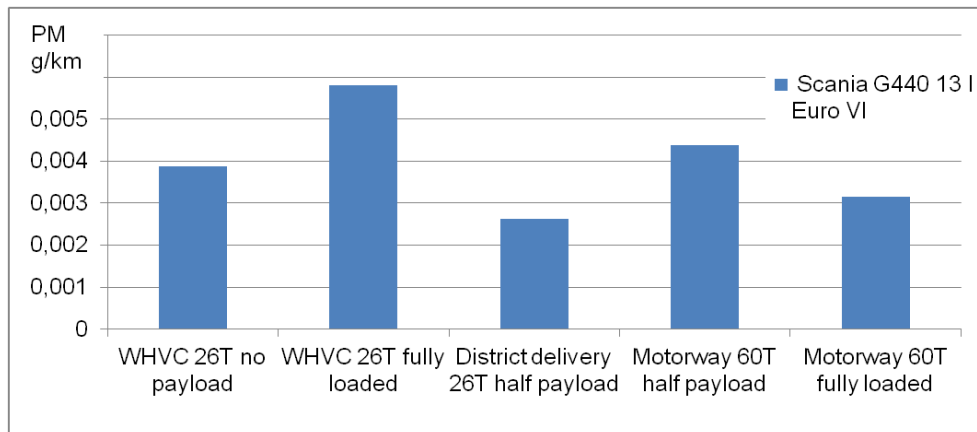
Figur 4.5: Utslipp av NO_x fra et tungt kjøretøy med 13 l Euro VI motor under forskjellige kjøresykluser, når kjøretøyet var konfigurert til forskjellig maksimal last og lastet med halv, full eller helt uten last.



Figur 4.6: Utslipp av NO_x fra et tungt kjøretøy med 13 l Euro VI motor og med Euro V motor under forskjellige kjøresykluser, når kjøretøyet var konfigurert til forskjellig maksimal last og lastet med halv, full eller helt uten last.

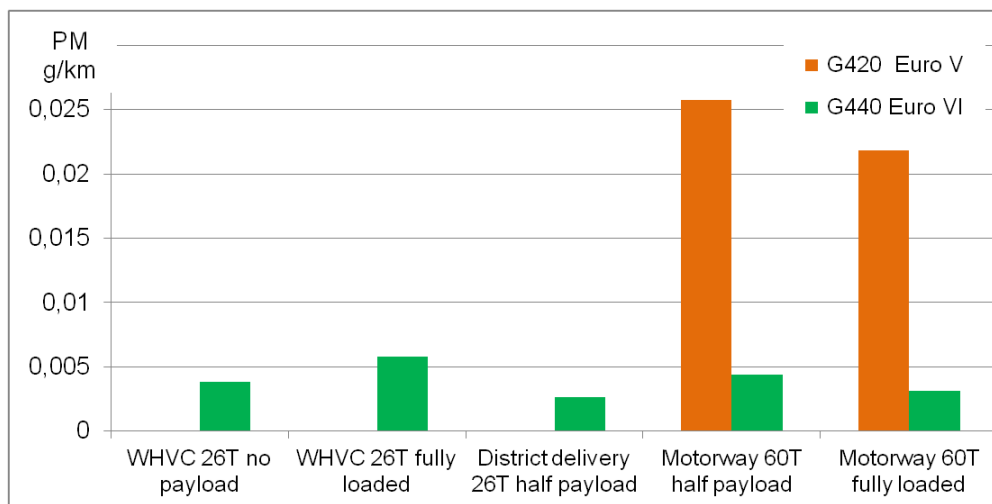
VTT som utfører avgasstestene hadde i sin database data fra avgasstesting av et tilsvarende kjøretøy med Euro V- motor. Vi kan se at utslippene med Euro VI motor i dette tilfelle kun var en brøkdel av hva de var med Euro V motor (figur 4.6).

Utslippene av PM (partikler målt i g/km) er lave under alle kjøreforhold og viser at systemene for fjerning av partikler kan fungerer tilfredsstillende. Avgassutslippene av PM (partikler) er her så lave at dette kjøretøyet skulle ha klart kravet for Euro VI typegodkjenning for lette kjøretøy. Hvor lave de var fremgår best når man kan sammenlikne størrelsen på utslippene med et helt tilsvarende kjøretøy med Euro V motor.



Figur 4.7: Utslipp av PM (partikler) fra et tungt kjøretøy med 13 l Euro VI motor under forskjellige kjøresykluser, når kjøretøyet var konfigurert til forskjellig maksimal last og lastet med halv, full eller helt uten last.

VTT som utfører avgasstestene hadde i sin database på samme måte som for nitrogenoksider også data for utslipp av PM fra et tilsvarende kjøretøy med Euro V- motor. Vi kan se at utslippene av PM med Euro VI motor også kun var en brøkdel av hva de var med Euro V motor (figur 4.8).



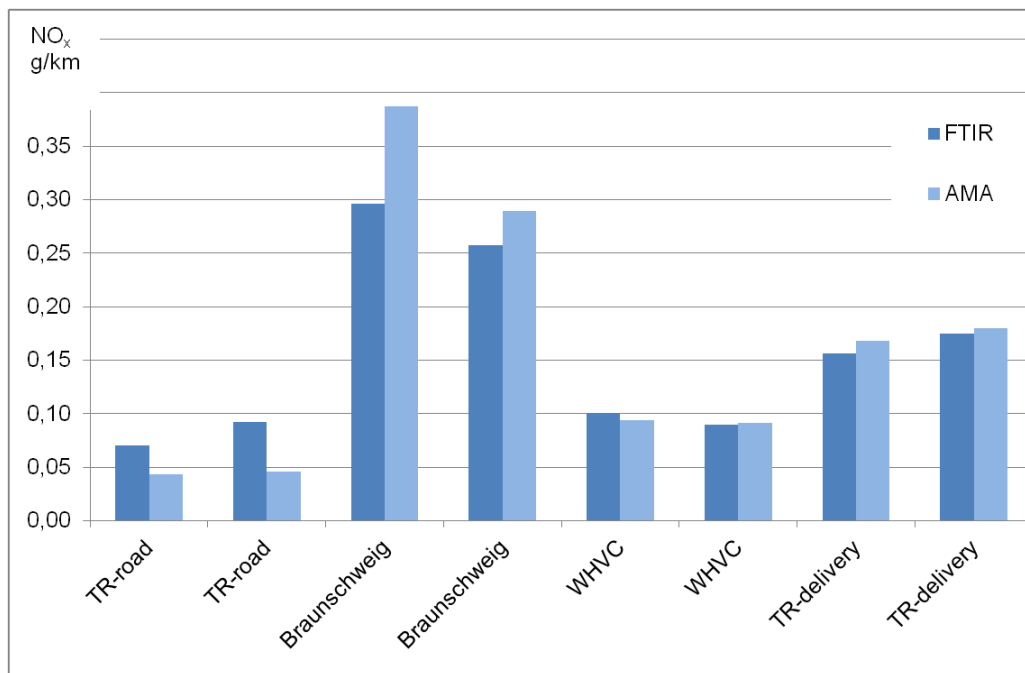
Figur 4.8: Utslipp av PM (partikler) fra et tungt kjøretøy med 13 l Euro VI motor og med Euro V motor under forskjellige kjøresykluser, når kjøretøyet var konfigurert til forskjellig maksimal last og lastet med halv, full eller helt uten last.

4.2.2 Distribusjonsbil – 9 liters Euro VI motor

Det testede kjøretøyet hadde under alle kjøreforhold lave utslipp av NO_x. Vi ser at utslippene av NO_x er relativt sett størst når vi kjører distribusjonsbilen som bybuss med den krevende Braunschweig bybussysklusen.

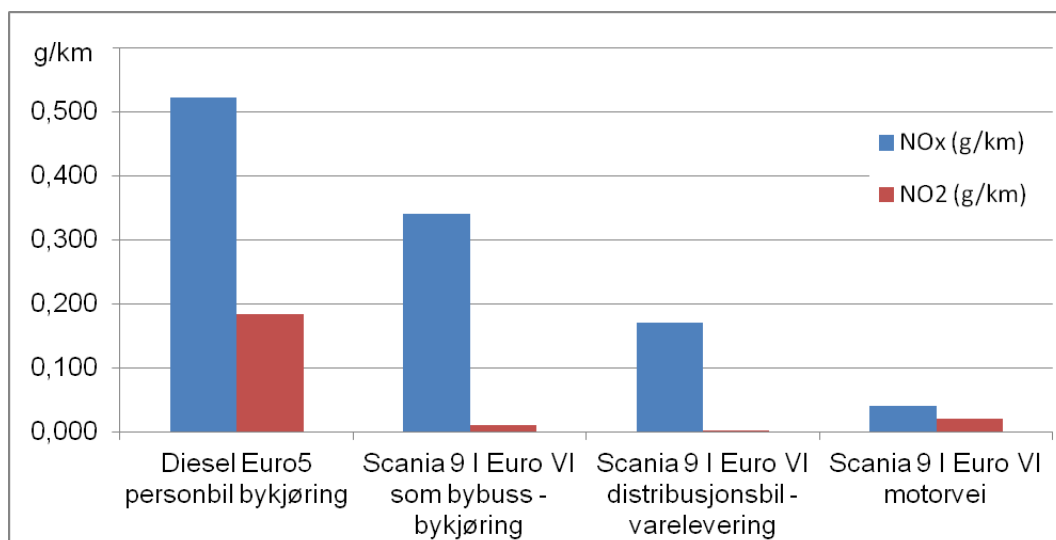
Utslippene av NO_x ble i tillegg til analyse med den tradisjonelle målemetode (AMA) analysert med FTIR (Fourier Transformasjon av InfraRød spektroskopi). FTIR brukes for å kunne spore og måle en stor mengde uregulerte avgasskomponenter som ikke kan detekteres med den tradisjonelle metoden.

I figur 4.9 presenterer vi NO_x resultatene med de to gjennomførte målemetodene for hver kjøresyklus og figuren viser at man ved avgasstesting ikke får helt repeterbare måleverdier.



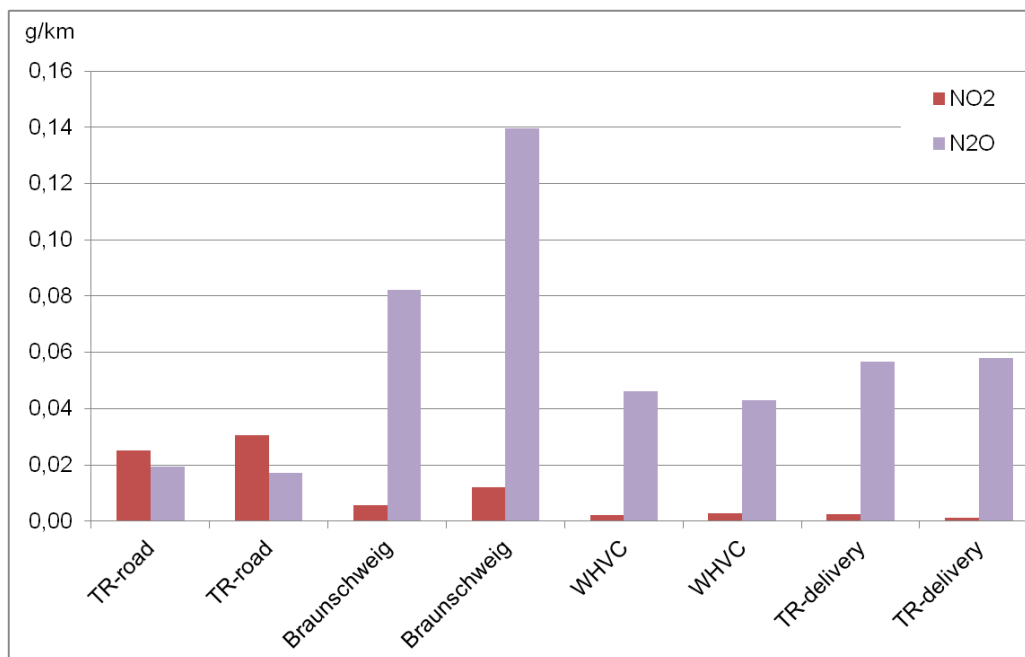
Figur 4.9: Utslipp av NO_x fra et tungt kjøretøy med 9 l Euro VI motor under forskjellige kjøresykluser og målt med to forskjellige analysemetoder.

Hvor store utslippene av NO_x fra det tunge kjøretøyet med 9-liters EuroVI-motor er, når det kjøres som bybuss, sammenliknet med utslippene fra en typisk Euro 5 personbil med dieselmotor fremgår av figur 4.10. Braunschweig bykjøresyklus gir relativt sett høye utslipp av NO_x og NO₂, men utslippene fra en typisk Euro 5 personbil med dieselmotor, når den kjøres i bytrafikk (Hagman m fl 2011), er høyere enn fra det tunge kjøretøyet med 9-liters Euro VI-motor .



Figur 4.10: Utslipp av NO_x og NO₂ fra et tungt kjøretøy med en 9 liter Euro VI dieselmotor og sammenlikning med utslippene fra de faktisk høyere utslippene fra en typisk Euro 5 personbil med dieselmotor.

Lystgass N₂O kan dannes ved forbrenning og i avgassrensere. Når det tunge kjøretøyet med 9-liters Euro VI-motor i våre tester ble kjørt som bybuss og i flere andre kjøresykluser hadde det meget lave utslipp av NO₂ men relativt sett høye utslipp av den sterke klimagassen N₂O (figur 4.11).



Figur 4.11: Utslipp av NO₂ og N₂O fra et tungt kjøretøy med en 9 liter Euro VI dieselmotor.

5 Diskusjon

På bakgrunn av avgasstestene kan vi si noe om hva som er muligheter og utfordringer med Euro 6 teknologi for personbiler med dieselmotorer og med bensinmotorer og hva som er muligheter og utfordringer med tunge kjøretøy som har Euro VI motorer.

Vi kan dra den konklusjonen at det vil være mulig å oppnå de reduksjoner i utslipp av NO₂ fra kjøretøy med dieselmotorer, som ble lagt til grunn for prognosene frem mot 2025 i rapporten NO₂-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer – utfordringer og muligheter fram mot 2025 (Hagman, Gjerstad, Amundsen 2011). Fortsatt er det, med bakgrunn i det få antall målinger som er gjennomført og det få antall kjøretøy som er testet, stor usikkerhet i forhold til lokalt helseskadelige utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi. En sammenligning med de utslippsverdier fra HBEFA som ble brukt i NO₂ rapporten fra 2011 vil være relevant når fler kjøretøy er testet.

Vi setter stor pris på den velvilligheten vi har møtt fra de internasjonale produsenter og de importører av kjøretøy i Norge og Finland som har bidratt til at kjøretøy har blitt stilt til disposisjon og testet.

5.1 Indikasjoner fra avgasstestene hos VTT

For nye Euro 6 dieselpersonbiler har vi fra avgassmålingene som gjenspeiler virkelig trafikk fått følgende indikasjoner:

- Det er en forutsetning for salg at nye Euro 6 dieselpersonbiler skal klare avgasskravene for typegodkjenning. Men selv om kjøretøyene har klart kravene i typegodkjenningstestene, kan utslippet i virkelig trafikk overskride disse kravene.
- Utslippene av NO_x kan, ved +23 °C i virkelig bytrafikk, være lavere enn for tilsvarende biler med Euro 5 teknologi, men være ca 2-4 ganger høyere enn grensen for typegodkjenning.
- Utslippene av NO_x kan ved -7 °C i virkelig bytrafikk være lavere enn for tilsvarende biler med Euro 5 teknologi, men er ca 5-8 ganger høyere enn grensen for typegodkjenning.
- Utslippene av PM (avgasspartikler) fra Euro 5 og Euro 6 lette kjøretøy med effektive partikkelfiltre for diesel er lave og ligger på akseptabelt nivå i forhold til typegodkjenningsgrensene under alle typer kjøreforhold.
- Utslippene av CO₂ er høye ved kaldstart og kjøring i kaldt klima (-7 °C) og kan se ut å være relativt høye i bytrafikk både for Euro 5 og Euro 6 dieserbiler.

- Euro 6 dieserbiler kan ha høye nivåer av ulike typer uregulerte avgassutslipp som for eksempel nitrogendioksid, lystgass, ammoniakk eller eddiksyre .

For bensinbiler med ny teknologi har vi fra avgassmålingene som gjenspeiler virkelig trafikk fått følgende indikasjoner:

- Nye bensinbiler med små energieffektive motorer kan i virkelig bytrafikk ha så lavt utslipp av CO₂ at de kommer ned på samme nivå som tilsvarende dieserbiler.
- Utslippene av NO_x og PM varierer noe avhengig av motorteknologi, noen er betydelig lavere enn grensene for Euro 6 typegodkjenning.
- Av de testede lette personbilene var det en bensinbil med *hybridsystem* som hadde de laveste utslippene av klimagasser og lokalt helseskadelige avgasskomponenter i virkelig bytrafikk.

Tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotor

- De to tunge kjøretøy som er testet, har under alle kjøreforhold meget lave utslipp av NO_x og PM.
- Utslippene av NO_x er for en av de to testede tunge kjøretøyene 5-10 ganger lavere enn for et tilsvarende, og på samme måte testet kjøretøy med Euro V motor.
- Et av de to testede tunge kjøretøyene hadde med flere kjøresykluser meget lave utslipp av NO₂ men relativt høye utslipp av N₂O.
- Avgasskravene til tunge kjøretøy, deres motorer og rensesystemer er nå så strenge at kjøretøyene bør tilpasses de aktuelle kjøreforholdene hvor de skal brukes.
- I bykjøring kan et tungt kjøretøy med Euro VI motor ha lavere utslipp av NO_x og NO₂ enn en diesel personbil med Euro 5 teknologi og på samme nivå som en diesel personbil med Euro 6 teknologi

Resultatene fra de få tester som vi har gjennomført gir ikke grunnlag for å trekke endelige konklusjoner om Euro 6/VI-teknologi og om fremtidige avgassutslipp. Resultatene forteller oss at det er mulig å oppnå lave lokalt forurensende avgassutslipp i virkelig trafikk samtidig som vi ser at nye problemer kan oppstå.

Behovet for fler målinger av Euro 6/VI kjøretøy og internasjonalt samarbeid er stort, og kan gi oss fordypet kunnskap om hvor sikre de målte reduksjonene av helseskadelig avgassutslipp virkelig er, og hva som kan bli de nye utfordringene.

5.2 Skatter avgifter og restriksjoner

Skatter, avgifter og restriksjoner relatert til en spesifisert motorteknologi, et spesifisert drivstoff, eller en spesifisert renseteknologi har vist seg å kunne gi uheldige konsekvenser. De mest hensiktsmessige tiltakene for å redusere utslipp av CO₂, NO_x,

NO₂ PM bør rettes konkret mot selve utslippene og ikke favorisere eller straffe teknologier som på et gitt tidspunkt virker lovende eller synes å gi store utslipp. Nye innovasjoner kan føre til at en teknologi som var kostbar eller ga store utslipp enten av klimagasser eller av lokalt helseskadelige avgasskomponenter blir attraktive igjen.

En av utfordringene for Europeiske myndigheter er å få typegodkjenningssystemer for nye kjøretøy på plass, som gir mål på hva kjøretøy slipper ut av avgasskomponenter i virkelig trafikk på de plasser og i det klima de skal brukes.

I Norge, hvor en stor del av engangsavgiften ved nyregistrering av kjøretøy baseres på utslippsverdiene fra typegodkjenning av den aktuelle bilmodellen, er det spesielt viktig at myndighetene er klar over styrker og svakheter ved å benytte utslippsverdiene fra typegodkjenning.

Engangsavgiften har i tillegg til å sørge for offentlige inntekter også til hensikt å stimulere til kjøp av klimavennlige og miljøvennlige biler. For å verksette de rette tiltakene er det nødvendig med kunnskap om avgassutslipp i virkelig trafikk.

Ny kunnskap om avgassutslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI i virkelig trafikk gjør at myndighetene fortsatt bør være forsiktige med å iverksette tiltak basert på tall fra typegodkjenning og på erfaringer med kjøretøy som har dagens og gårdagens diesel og bensinmotorer.

5.3 Betydning for fremtidig NO₂ utslipp fra kjøretøyparken

I rapporten ”NO₂ utslippet fra kjøretøyparken i Norske storbyer” (Hagman m fl 2011) var en av hovedkonklusjonene at Forurensningsforskriftens grenseverdi for NO₂ (årsmiddel) fortsatt forventes å bli oversteget frem til 2020 (muligens også frem mot 2025). Disse beregningene var basert på usikre utslippsfaktorer særlig for Euro 6 kjøretøyene. Usikkerheten var stor, i og med at ingen Euro 6/VI kjøretøy (motorer) var testet i virkelig trafikk.

Våre anslag på utslippet fra Euro 6 kjøretøy var dels basert på HBEFAs anslag, og dels også fra samtaler med andre aktører i markedet. I utslippsmodellen ble det lagt inn at utslippet fra Euro 6 kjøretøy er rundt 70 prosent lavere enn et fra et Euro 4 kjøretøy.

De målingene av Euro 6 kjøretøy vi har foretatt i forbindelse med dette prosjektet synes foreløpig å stemme noenlunde overens med anslaget brukt i 2011 beregningene, men usikkerheten er fortsatt stor da det foreløpig kun er målt utslipp fra et lite antall Euro 6/VI kjøretøyer i virkelig trafikk.

5.4 Mer forskning og samarbeid med VTT

Innfasing av Euro 6 lette kjøretøy og tunge kjøretøy med Euro VI motorer kan gi kraftige reduksjoner av avgassutslipp. Det er imidlertid tidligere og også i dette prosjektet vist at fremskritt under gitte forutsetninger kan gi uønskede sideeffekter.

Mer forskning, videreføring av ”Måleprogrammet” og økt samarbeid med VTT anbefales og vil gi synergieffekter for både finske og norske myndigheter.

6 Referanser

- Hagman, R. og Assum, T. 2012
Ladbare hybridbiler - Utslippsreduksjoner og barrierer for bruk av en ladbar Toyota Prius. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 1226/2012.
- Hagman, R., Gjerstad, K.I. og Amundsen, A.H. 2011.
NO₂-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer – utfordringer og muligheter fram mot 2025. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 1168/2011.
- Mazda Skyactiv technology
<http://www.mazda.com/mazdaspirit/skyactiv/engine/skyactiv-d.html>
- Melsom, K. (red.) 2009
Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase. Oslo, Folkehelseinstituttet. FHI rapport 2009:2 (kunnskapsbasen oppdateres jevnlig i nettversjonen på FHIs hjemmesider).
- Weiss, M., Bonnel, P., Hummel, R., Manfredi, U., Colombo, R., Lanappe, G., Le Lijour, P. and Sculati, M. 2011
Analyzing on-road emission of light-duty vehicles with portable emission measurement systems (PEMS). Brussels, European commission. JRC Scientific and Technical report. EUR-24697-2011.
- Weiss, M., Bonnel, P., Hummel, R., Kühlwein, J et al. 2012
Will Euro 6 reduce NO_x emissions of new diesel cars? - Insights from on-road tests with portable Emissions Measurement systems (PEMS), European Commission DG. JRC , Institute for Energy and Environm. Atmospheric Environment 62 (2012) 657-665.

Vedlegg 1: Motorer og avgasser

V.1.1 Dieserbiler og bensinbiler

Å gå over til lette kjøretøy med dieselmotorer er en relativt kostnadseffektiv måte å redusere utslipp av CO₂. I 2007 endret myndighetene engangsavgiften for å stimulere til salg av biler med lave CO₂-utslipp. Dette økte dieselandelen av nybilsalget fra i underkant av 50 prosent i 2007 til omkring 75 prosent i 2008. Dieselandelen har siden det holdt seg på et høyt nivå, selv om det har gått noe ned i løpet av 2012.

Det er en viktig grunn til at grenseverdiene for årsmiddel av NO₂ overskrides i de største byene. Moderne kjøretøy med dieselmotorer har vist seg å slippe ut betydelig mer nitrogenoksider enn nye bensinbiler som er utstyrt med treveiskatalysator for å rense avgassene og har svært lave utslipp av NO₂. Utslippene av NO_x fra personbilparken blir store når andelen dieserbiler øker.

Flere nye kjøretøy med dieselmotor hadde partikkelfiltre og oksiderende katalysatorer, også fra 2000. Men det er de nye Euro 4- og Euro 5-godkjente lette kjøretøyene, som fram til 2015 og 2020 vil være den største utfordringen når det gjelder overskridelser av årsmiddel for NO₂-konsentrasjoner i de 3-4 største byene i Norge. På landsbygden og i mindre byer vil overskridelse av grensene for NO₂-konsentrasjon stort sett ikke forekomme.

NO₂ fra dieserbiler og konsentrasjonene av denne gassen i bygatene har økt i årene fra 2007. Andelen NO₂ av den samlede mengden primære NO_x-utslipp har økt på grunn av innfasing av oksiderende katalysatorer og partikkelfiltre. Disse avgassrensningssystemene forbrenner ikke bare hydrokarboner og partikler til CO₂, men de har også den uønskede effekten at de oksiderer NO til NO₂. På den måten blir det mer direkte utslipp av NO₂ langs veiene. I tillegg omdannes en betydelig del av de primære NO-utslippet til sekundært NO₂ i den grad ozon er til stede etter reaksjonen $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$.

V.1.2 Effektive dieselmotorer

Dieselmotorer er generelt mer energieffektive og gir lavere utslipp av CO₂ enn bensinmotorer. Moderne dieselmotorer er derimot mer komplekse og mer kostbare å produsere enn bensinmotorer med tilsvarende ytelse.

Fra begynnelsen av 2000-tallet har nye moderne bensinbiler blitt utstyrt med effektive treveiskatalysatorer og gir tilnærmet null utslipp av de helseskadelige avgassene nitrogenoksider (NO_x) og eksospartikler (PM). NO_x er en samlebetegnelse for NO og NO₂. Det er utslipp av NO₂ som representerer et helseproblem (se Melsom 2009).

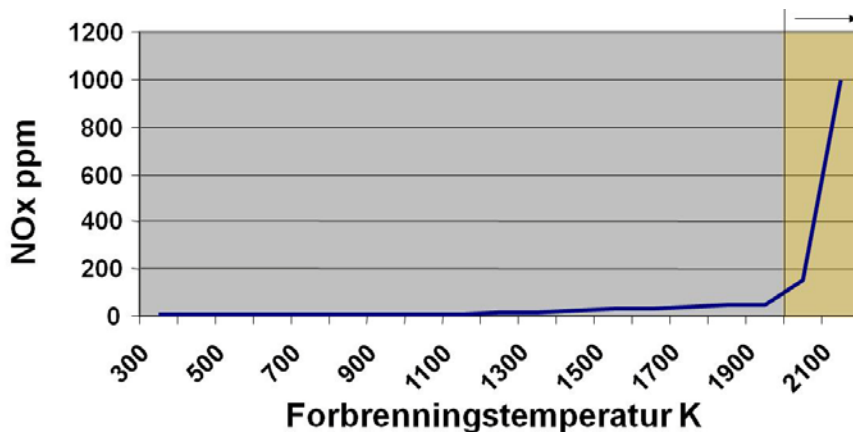
Avgassutslippene av NO_x og PM fra nye moderne kjøretøy med dieselmotor er i utgangspunktet høyere enn fra tilsvarende kjøretøy med bensinmotor, og utslippene

er betydelig høyere i virkelig trafikk enn hva som framkommer fra typegodkjenningen.

Fra og med Euro 5 (2009) har alle lette kjøretøy (under 3,5 tonn) med dieselmotor partikkelfiltre. Partikkelfiltrene synes å fjerne dieselpartiklene så effektivt at utslipp av PM fra nye dieslbiler ikke lengre er et problem. En alvorlig uønsket effekt av partikkelfiltre og oksiderende katalysatorer i dieslbiler, er at andelen av NO_2 i de samlede utslippene av NO_x -avgasser, øker fra ca 10 prosent til ca 50 prosent. Nye tunge kjøretøy leveres både med og uten partikkelfiltre. Redusert utslipp av dieseleksospartikler er imidlertid et viktig helsetiltak. WHO² mener at slike partikler er en direkte årsak til økt forekomst av kreft.

V.1.3 Utslipp av lokalt forurensende avgasser NO_x og PM

Nitrogenoksidenes kjemi er komplisert. Nitrogengass, N_2 og de to nitrogenoksidene NO og NO_2 reagerer med oksygenforbindelser og med hverandre. Nitrogenoksid, NO dannes ved forbrenning hovedsakelig ved at luftens nitrogen reagerer med luftens oksygen og danner NO . NO oksideres hurtig til NO_2 , avhengig av tilgang på oksygen og ozon. Regionalt vil mye NO reagere med O_2 og danne NO_2 . Enkelt sagt kan NO_x fra kjøretøy sies å dannes ved høy temperatur i forbrenningsmotorer. Mengden primært NO_2 øker dramatisk ved temperaturer over 1900 K (ca 1700 °C).

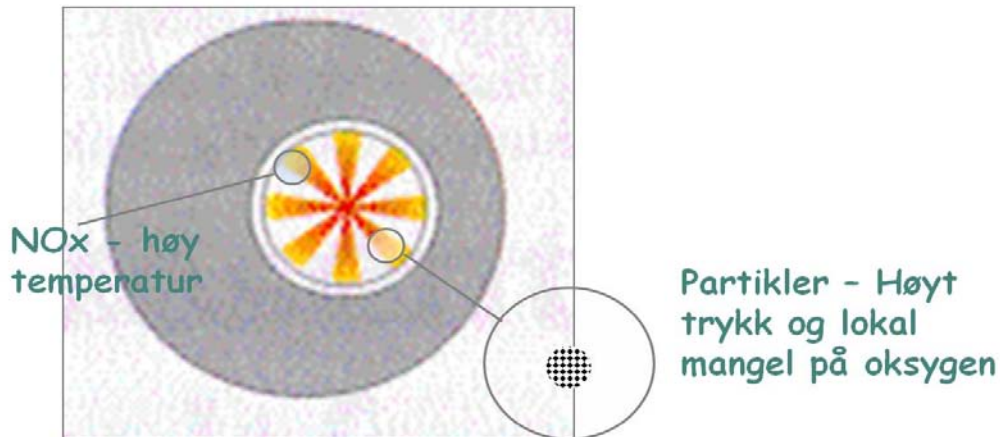


Kilde: Scania

Figur V.1.1: Dannelse av NO_x som funksjon av temperatur i en forbrenningsmotor

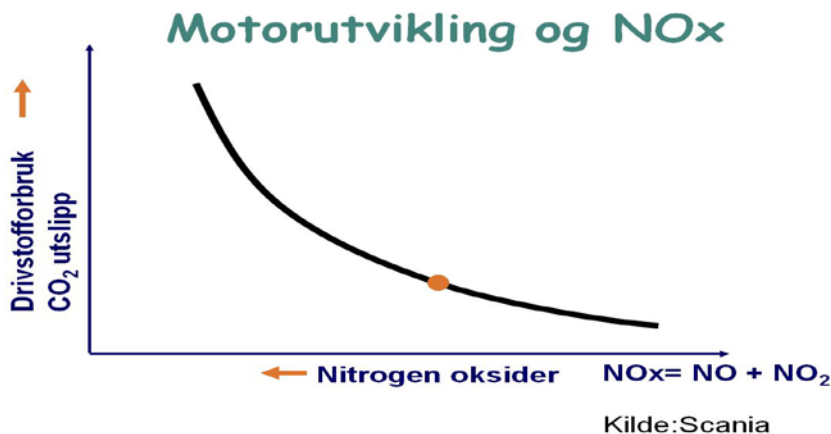
Det er en konflikt mellom lave utslipp av CO_2 og dannelse av NO_x . Dieselmotorer er mest mulig effektive når de arbeider ved høye temperaturer. Dette gir lavt drivstofforbruk og lave utslipp av CO_2 samtidig som høye temperaturer i forbrenningsrommet reduserer dannelsen av eksospartikler (PM). Ulempen er at høy temperatur danner store mengder NO_x . Lokal mangel på oksygen som danner partikler.

² World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. Press release No 213, 12th June 2012: Diesel Engine Exhaust Carcinogenic.



Figur V.1.2: Brennkammer i en dieselmotor

Ved justering av forbrenningen i en dieselmotor er det generelt mulig å få lavt drivstofforbruk og lavt utslipp av CO₂. Høy temperatur gir effektiv forbrenning og redusert dannelse av partikler, men genererer større mengder NO_x (figur V.1.3).



Figur V.1.3: Motorutvikling og justeringer for effektivere forbrenning og lavere utslipp av CO₂ gir generelt høyere utslipp av NO_x - justering for lavere utslipp av NO_x gir høyere utslipp av CO₂.

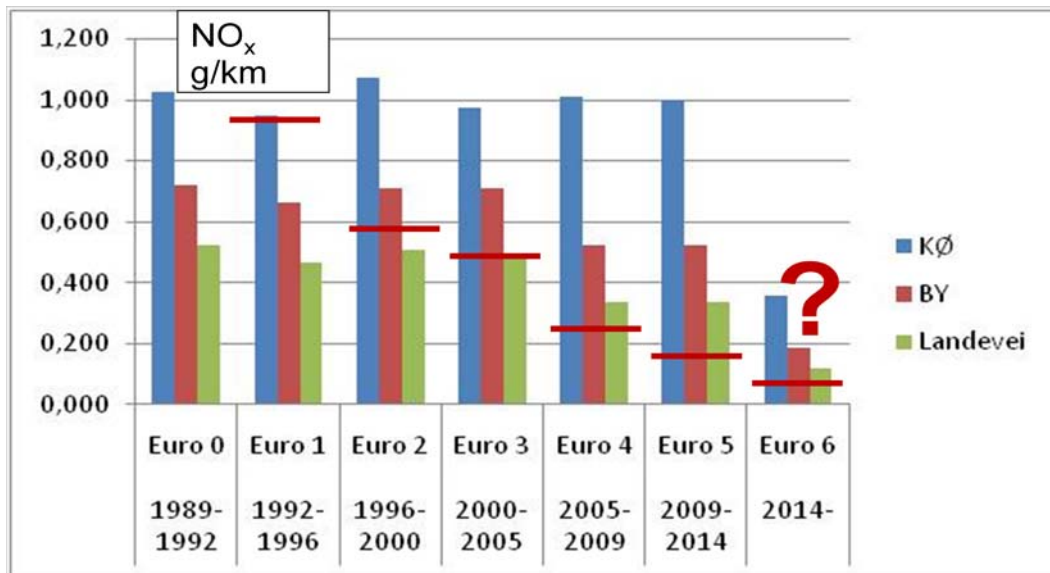
V.1.4 NO_x/ NO₂-utslipp i virkelig trafikk

Utslippene av NO_x fra kjøretøy i kø og bytrafikk har ikke blitt redusert i takt med utslippskravene ved typegodkjenning. Det er en utfordring å få en rask forandring på disse forholdene samtidig som man ikke vet hvor godt Euro 6/VI vil fungere fra 2015.

Utslippen av NO_x ved køkjøring har i liten grad, eller ikke i det hele tatt, blitt redusert siden 1990-tallet. Figur V.1.4 viser utslipp fra personbiler med dieselmotor i køkjøring, bykjøring og landeveiskjøring. De røde strekene viser typegodkjenningsskravene for nye dieslbiler. Utslippene av NO_x ved landeveiskjøring med jevn hastighet (70 km/h) har gått ned, men totalt sett har reduksjonen vært mindre enn hva grenseverdiene for typegodkjenning skulle tilsi.

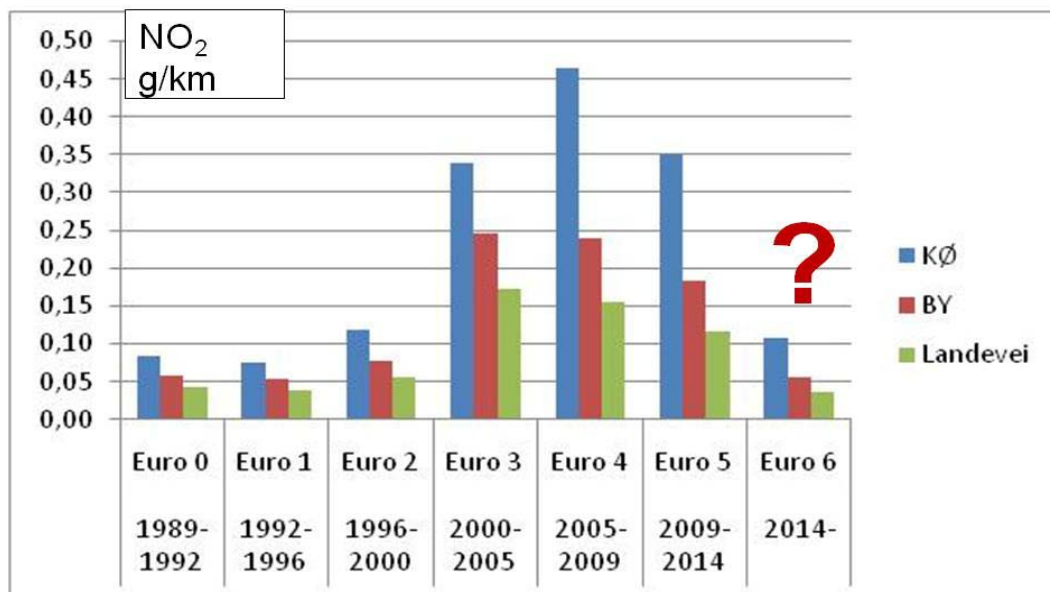
Fra og med Euro 6 for personbiler og Euro VI for motorer til tunge kjøretøy vil det være nødvendig med ny teknologi for dieselmotorer for å klare de nye og strenge kravene til NO_x-utslipp.

Foreløpig ser det ut til at selektiv katalytisk rensing (SCR med for eksempel ”AdBlue”) er den teknologien som produsentene av dieselmotorer satser på for å klare de nye Euro 6/VI- kravene. Denne teknologien krever en tank med et kjemisk reduksjonsmiddel som for eksempel ”AdBlue”. Reduksjonen av nitrogenoksider krever også en viss temperatur for å fungere. En selektiv katalytisk rensing av dieselavgasser (SCR), kan forventes å øke utslippene av CO₂ fra dieselmotorer med 1-2 prosent. Utslippene av NO_x for Euro 6-biler som er angitt i figur V.1.4, er et estimat.



Figur V.1.4: NO_x-avgassutslipp fra nye personbiler med dieselmotor fra 1990 til og med Euro 5 og 2009 samt HBEFA (Handbook of emission factors) sitt estimat for Euro 6 biler. Rød strek markerer kravet ved typegodkjenningstesten.

Nye Euro 4 og Euro 5-godkjente lette kjøretøy vil fram til 2015 og 2020 være den største utfordringen når det gjelder overskridelser av årsmiddel for NO₂ konsentrasjoner i de 3-4 største byene i Norge (figur V.1.5).



Figur V.1.5: NO₂-avgassutslipp fra nye personbiler med dieselmotor fra 1990 til og med Euro 5 og 2009 samt HBEFAs estimat for Euro 6 biler

V.1.5 Avgasskrav og rensing av avgasser

Teknologinøytrale avgasskrav som gir lave utslipp av CO₂ og lave utslipp av NO_x og PM i virkelig trafikk, er å foretrekke fremfor krav om at kjøretøy skal ha en spesiell . - motorteknologi eller et spesifisert drivstoff. Teknologinøytrale krav gir konkurranse og har i det lange løp størst nytte/kostnadseffekt. Det er de spesifiserte utslippene som bør begrenses ved hjelp av grenseverdier som Euro-kravene. I praksis er det vanskelig å få til teknologinøytrale krav. Resultatet er relativt urettferdige avgifter på kjøretøy med spesifisert teknologi på grunnlag av data fra typegodkjenningen. Euro-kravene stiller forskjellige krav til utslipp av lokalt helseskadelige avgassutslipp fra nye bensinbiler og dieslbiler.

To kjøretøy med den samme motorteknologien som oppfyller de samme Euro-kravene kan altså ha svært forskjellige utslipp. Hybridbiler, bensinbiler eller dieslbiler kan også ha høye utslipp av helseskadelige avgasser i virkelig trafikk selv om de oppfyller de gjeldende Eurokravene for typegodkjenning.

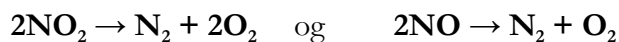
Avgasskravene er altså ikke teknologinøytrale i dag, men det er en målsetting at typegodkjenningskravene både skal bli teknologinøytrale og gjenspeile utslipp i virkelig trafikk.

Utslipp av CO₂ er direkte proporsjonelt med forbruket av drivstoff og derfor relativt enkelt å beregne. Utslippene av NO_x og PM er avhengige av motorstyring og avgassrensesystemer og resultatene blir derfor forskjellige om bilene testes med en snill kjøresyklus (som ved dagens typegodkjenningstester) eller om de kjøres i virkelig trafikk med køkjøring og høye hastigheter (og kulde).

Personbiler med bensinbiler

Bensinbiler har i utgangspunkt høye utslipp av NO_x fra motoren. Spesielt er utslippene høye ved mager forbrenning i gamle bensinmotorer med forgassteknologi.

Avgassmålinger av en ny Toyota Avensis hos VTT viser at det nå er mulig å produsere bensinbiler med så nøyaktig regulering av blandingsforholdet mellom bensin og luft inn til motoren at bilens treveiskatalysator kan fjerne alle helseskadelig avgasser med stor nøyaktighet. Kjemisk reduksjon av NO_x i en treveiskatalysator skjer ved hjelp av katalytiske materialer på følgende måte:



Andelene NO₂ av de totale utslippene av NO_x fra bensinbiler er lave. Å drøfte utslippene av NO₂ fra moderne bensinbiler har liten hensikt da utslippene av den totale mengden NO_x er lave og de absolutte tallene for utslipp av NO₂ synes å være lavere enn 0,01 g/km under alle kjøreforhold.

Rensing av avgasser fra dieselmotorer

Moderne partikkelfiltre fjerner effektivt alle typer av eksospartikler. Teknologi for å redusere og fjerne NO_x finnes, men det er en utfordring å få disse teknologiene til å virke på en effektiv måte i virkelig trafikk.

- ”Motor-tuning” - regulering av innsprøytingen av drivstoff kan redusere dannelsen av NO_x, men dette skjer gjerne på bekostning av økte utslipp av CO₂, høyere utslipp av PM og høyere utslipp av uforbrent drivstoff.
- EGR (Exhaust Gas Recirkulation) - Resirkulasjon av avgasser, kan brukes for å gi lavere forbrenningstemperatur og mindre dannelse av NO_x men ulempen er gjerne redusert maksimal motoreffekt.
- SCR (Selektiv Katalytisk Reduksjon) - Kjemisk reduksjon av NO_x til nitrogengass er en lovende teknologi som teoretisk gjør det er mulig med høy temperatur i motoren og effektiv forbrenning. Store mengder av NO_x som resultat av høy temperatur kan siden fjernes ved hjelp av innsprøyting av reduksjonsmidlet urea i en katalysator. Urea markedsføres under navnet ”AdBlue”. Systemet reguleres kontinuerlig ved at mengde urea som sprøytes inn tilpasses mengde NO_x i avgassene for best mulig rensesresultat.

Blå blir brukt som miljøfarge for dieserbiler. ”BlueMotion”, ”AdBlue” og ”Blue efficiency” er benevnelse på nye energieffektive og forhåpentlig også ren teknologi for dieserbiler. Effektive partikkelfiltre og NO_x-katalysatorer som er under utvikling eller allerede ferdige for levering, skal i tillegg til attraktive klimaegenskaper gi dieserbiler med rene avgasser. Volkswagen, Audi, Mercedes, BMW med flere kan levere dieserbiler som klarer Euro 6-kravene for utslipp av helseskadelige avgasser. Lave utslipp av NO_x er mulig med flere teknologier.

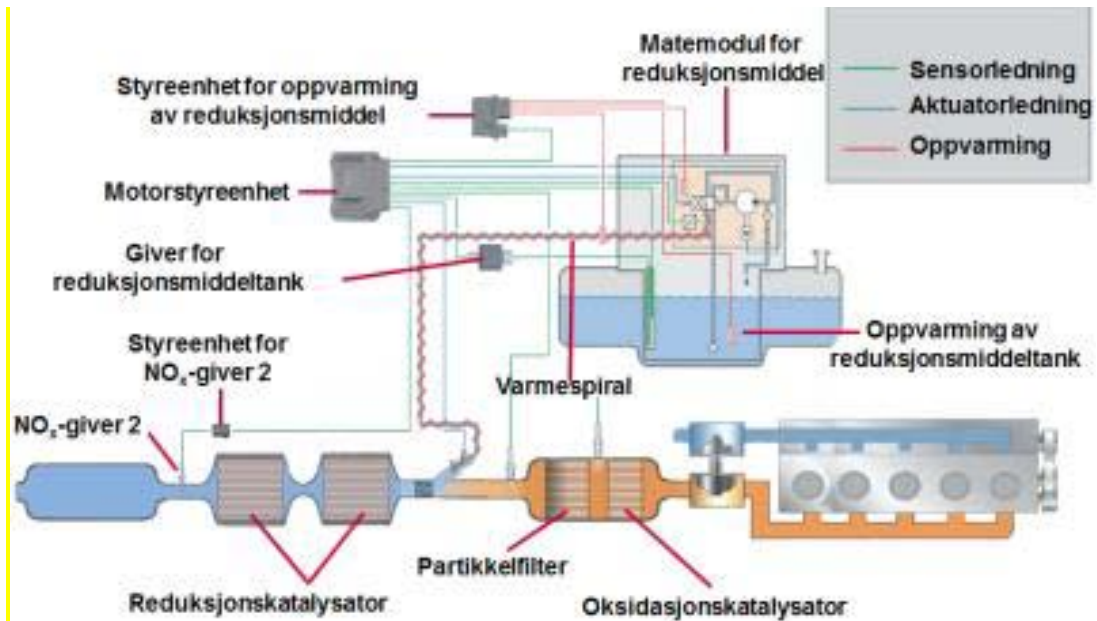
Det avgjørende er at dieserbiler med ny avansert renseteknologi i kjøresykluser som tilsvarende virkelig trafikk, har lave utslipp under alle kjøreforhold.

SCR-katalysatorsystemet, tank og rør for AdBlue-væsken trenger oppvarming og reguleringsystemene må være raske for at systemet skal fungere i kulde og bytrafikk. Enkelte avgassmålinger har vist at SCR i bybusser har varierende effekt og flere forskere er skeptiske til at SCR vil gi de ønskede reduksjonene av NO_x spesielt ved kjøring ved lav belastning og når det er kaldt.

Renseeffektene med de beskrevne teknologiene for å rense dieselavgasser fra NO_x i virkelig trafikk kan per i dag ikke tallfestes på en sikker måte. De rensesystemer som er omtalt, og andre som ”Mazda Skyactive technology”, vil etter vår vurdering enkelt klare å rense avgassene på effektiv måte ved konstante turtall og konstant motorbelastninger.

Enkelmålinger av kjøretøy med Euro 6/VI dieselt teknologi viser at typegodkjenningsskravene ved dagens typegodkjenningstester ikke synes å være noe problem. Utfordringene kommer ved kjøring i virkelig trafikk og ved kjøring av bykjøresykluser i avgasslaboratorier.

Det er viktig at en renseteknologi fungerer effektivt under kjøring i virkelig trafikk. Hvordan en bil eller en motor typegodkjennes er avgjørende for hvor miljøvennlige kjøretøy er når det blir tatt i bruk. Ny teknologi må også følges opp, utslipp og luftkvalitet må måles og kontrolleres. Norges astma og allergiforbund (NAAF) slo, etter rapporter om problemer med NO₂, tidlig alarm om at noe var galt med utviklingen av NO₂-forurensing av luften i norske byer.



Figur V.1.6: SCR – Selektiv katalytisk fjerning av NO_x ved hjelp av et reduksjonsmiddel er en lovende metode for å fjerne NO_x fra diesलगasser (bilde VW/Audi)

Personbiler med dieselmotor

Dieslbiler har i utgangspunkt ikke høyere utslipp av NO_x fra motoren enn bensinbiler. Problemet er at det ikke er mulig å rense diesलगassene ved hjelp av en treveiskatalysator. Reduserte utslipp av NO_x fra dieselmotorer for å klare typegodkjenningsskravene har vært mulig å oppnå med diverse tiltak som forbedret geometri for å oppnå mer optimal forbrenning, optimalisering av innsprøyting av drivstoff, flere ventiler, optimalisering av motorstyring, bedre drivstoff og bedre smøremidler.

Nye effektive partikkelfiltre som brenner opp partikler ble en nødvendighet for at nye personbiler med dieselmotor skulle klare avgasskravene Euro 5 fra 2009. De effektive partikkelfiltrene klarer å fjerne partiklene fra diesलगassene på en tilfredsstillende måte. Oksiderende katalysatorer og partikkelfiltre har derimot vist seg å ha den ulempen at de gir en kraftig økning av andelen NO_2 i utslippene av den samlede mengden NO_x . Andelen NO_2 er vanskelig å måle men synes å kunne ligge på opp mot 50 % av de samlede utslippene av NO_x .

Tunge kjøretøy

Tunge kjøretøy med dieselmotor har i prinsippet den samme motorteknologien som lette biler med dieselmotor. Til tross for at motorstørrelsen og ytelsen er forskjellige i forhold til vekt og størrelse har utslippene av NO_x utviklet seg på liknende måte for tunge kjøretøy som for personbiler med dieselmotor.

Motorer til busser kan i motsetning til Euro 5 diesel personbiler i mange tilfeller klare Euro V kravene til partikler uten effektive partikkelfiltre. Bruk av forskjellige teknologier for rensing av avgasser er derfor ofte en god forklaring på hvorfor utslippene av NO_x , NO_2 og PM kan være svært forskjellige mellom tunge kjøretøy og lette personbiler med dieselmotor. Det kan også være store forskjeller i utslipp mellom forskjellige typer av tunge kjøretøy og avhengig av forskjellige bruksområder.

Vedlegg 2: Tabeller - måleverdier

Tabell V.2.1: Utslippsdata for 5 personbiler avgasstestet med Helsinki bykjøresyklus hos VTT høsten 2011 og våren 2012 – NO_x, NO₂ og CO₂ og utslippsdata for 6 personbiler avgasstestet med Helsinki bykjøresyklus hos VTT høsten 2011 og våren 2012 –NO₂

Euro klasse	Bilmodell	NO _x (g/km) 7,8 km -7°C kaldstart	NO _x (g/km) 7,8 km -7°C varmstart	NO _x (g/km) 7,8 km +23°C kaldstart	NO _x (g/km) 7,8km +23°C varmstart
Euro 5	Avensis D	1,21	1,41	0,68	0,74
Euro 5	Avensis D-Cat	1,13	0,71	0,85	0,48
Euro 6	VW Passat	0,54	0,74	0,18	0,21
Euro 5	Avensis Bensin	0,06	0,02	0,07	0,02
Euro 5	Prius HEV	0,08	0,01	0,00	0,00
Euro klasse	Bilmodell	NO ₂ (g/km) 7,8 km -7°C kaldstart	NO ₂ (g/km) 7,8 km -7°C varmstart	NO ₂ (g/km) 7,8 km +23°C kaldstart	NO ₂ (g/km) 7,8km +23°C varmstart
Euro 5	Avensis D	0,18	0,46	0,15	0,30
Euro 5	Avensis D-Cat	0,41	0,34	0,35	0,25
Euro 6	VW Passat	0,14	0,25	0,06	0,12
Euro 5	Avensis Bensin	0,01	0,00	0,01	0,00
Euro 5	Prius HEV	0,01	0,00	0,00	0,00
Euro klasse	Bilmodell	CO ₂ (g/km) 7,8 km -7°C kaldstart	CO ₂ (g/km) 7,8 km -7°C varmstart	CO ₂ (g/km) 7,8 km +23°C kaldstart	CO ₂ (g/km) 7,8km +23°C varmstart
Euro 5	Avensis D	246	199	211	167
Euro 5	Avensis D-Cat	290	243	279	254
Euro 6	VW Passat	274	233	232	212
Euro 5	Avensis Bensin	270	198	246	201
Euro 5	Prius HEV	186	146	125	101
Euro klasse	Bilmodell	NO ₂ (g/km) 7,8 km -7°C kaldstart	NO ₂ (g/km) 7,8 km -7°C varmstart	NO ₂ (g/km) 7,8 km +23°C kaldstart	NO ₂ (g/km) 7,8km +23°C varmstart
Euro 5	Avensis D	0,18	0,46	0,15	0,30
Euro 6	Mazda CX-5 D	0,03	0,005	0,01	0,02
Euro 5	Verso D-cat D	0,23	0,27	0,22	0,23
Euro 5	Ford Focus B	0,05	0,07	0,02	0,00
Euro 5	VW Up B	0,01	0,003	0,01	0,00
Euro 5	Prius HEV	0,01	0,00	0,00	0,00

Tabell V.2.2: Utslippsdata for Euro 6 VW Passat Blue TDI testet hos VTT januar 2012

Passat Blue TDI Euro 6			emissions g/km						fuel L/100km	
Cycle	Engine	Note	CO	HC	NOx	NO2	CO2	PM	FC calc	FC mass
EURO NEDC +23 °C	Cold start	Phase 1	0,371	0,029	0,149	n/a	219	n/a	8,5	n/a
EURO NEDC +23 °C		Phase 2	0,008	0,013	0,089	n/a	202	n/a	7,8	n/a
EURO NEDC +23 °C		EUDC	0,006	0,005	0,042	n/a	138	n/a	5,3	n/a
NEDC +23 °C	Total	18.01.2012	0,074	0,011	0,070	n/a	165	0,0006	6,4	n/a
Road, FIN +23 °C	Warm start	17.01.2012	0,006	0,001	0,154	0,104	144	0,0013	5,6	n/a
Road,FIN +23 °C	Warm start	19.01.2012	0,006	0,002	0,211	0,105	143	0,0010	5,5	n/a
HKI city +23 °C	Cold start	Phase 1	0,064	0,012	0,267	0,039	251	n/a	9,7	n/a
HKI city +23 °C	Cold start	Phase 2	0,008	0,004	0,110	0,070	215	n/a	8,3	n/a
HKI city +23 °C	Cold start	Total 17.01.2012	0,034	0,008	0,184	0,055	232	0,0002	8,9	n/a
HKI city +23 °C	Warm start	Total 17.01.2012	0,010	0,003	0,211	0,124	212	0,0008	8,1	n/a
HKI city -7 °C	Cold start	Phase 1	0,331	0,022	0,650	0,140	314	n/a	12,1	n/a
HKI city -7 °C	Cold start	Phase 2	0,009	0,002	0,444	0,246	237	n/a	9,1	n/a
HKI city -7 °C	Cold start	Total 18.01.2012	0,161	0,012	0,541	0,140	274	0,0005	10,5	n/a
HKI city -7 °C	Warm start	Total 18.01.2012	0,007	0,004	0,763	0,246	233	0,0005	9,0	n/a

Tabell V.2.3: Utslippsdata for Euro 5 Avensis Diesel (2012 års modell) med D-cat hos VTT november–desember 2011

Avensis Diesel (2012 års modell) med D-cat			emissions g/km						fuel L/100km	
Cycle	Engine	Note	CO	HC	NOx	NO2	CO2	PM	FC calc	FC mass
HKI city +23 °C	Cold start	Phase 1	0,041	0,029	0,1,478	0,373	332	n/a	12,8	n/a
HKI city +23 °C	Cold start	Phase 2	0,012	0,005	0,826	0,485	253	n/a	9,7	n/a
HKI city +23 °C	Cold start	Total 30.11.2011	0,027	0,017	01,135	0,435	290	0,0013	11,2	n/a
HKI city +23 °C	Warm start	Total 30.11.2011	0,016	0,004	0,707	0,355	243	0,000 7	9,4	n/a
HKI city -7 °C	Cold start	Phase 1	0,469	0,022	0,065	0,140	314	n/a	12,1	n/a
HKI city -7 °C	Cold start	Phase 2	0,011	0,002	0,012	0,246	237	n/a	9,1	n/a
HKI city -7 °C	Cold start	Total	0,228	0,012	0,037	0,140	274	0,0005	10,5	n/a
HKI city -7 °C	Warm start	Total	0,016	0,004	0,060	0,246	233	0,0005	9,0	n/a

Tabell V.2.4 a: Utslippsdata for Euro 6 diesel Mazda CX-5 2,2l avgasstestet hos VTT November 2012

Mazda CX-5 2,2l Euro 6 diesel			emissions g/km					fuel L/100km	
Cycle	engine	Note	CO	HC	NOx	CO2	PM	FC calc	FC mass
EURO NEDC	cold	type approval data	0,097	0	0,068	119	0,180	4,6	
EURO NEDC +23 °C	cold		0,523	0,072	0,095	144,7	0,000	5,61	5,81
EURO NEDC +23 °C	warm		0,131	0,039	0,120	132,1	0,001	5,10	5,28
Road, FIN +23 °C	warm		0,010	0,015	0,267	142,1	0,001	5,48	5,68
HKI +23 °C	cold		0,519	0,061	0,392	159,3	0,027	6,17	6,61
HKI +23 °C	warm		0,174	0,039	0,442	147,7	0,000	5,70	6,07
HKI +23 °C	warm	A/C on (+20 °C)	0,084	0,035	0,494	166,3	0,000	6,41	6,82
Road, FIN +23 °C	warm		0,024	0,016	0,250	145,8	0,011	5,61	5,71
EURO NEDC -7 °C	cold		1,646	0,110	0,322	191,1	0,001	7,47	7,72
EURO NEDC -7 °C	warm		0,669	0,075	0,175	157,0	0,000	6,09	6,29
Road, FIN -7 °C	warm		0,046	0,018	0,284	151,8	0,000	5,850	6,066
HKI -7 °C	cold		1,671	0,142	0,777	222,5	0,002	8,683	9,387
HKI -7 °C	warm		1,126	0,119	0,576	187,1	0,001	7,285	7,604
Road, FIN -7 °C	warm		0,082	0,057	0,491	177,6	0,018	6,850	6,919

Tabell V.2.4 b: Utslippsdata for Euro 6 diesel Mazda CX-5 2,2l angasstestet hos VTT November 2012

			FTIR	FTIR	FTIR	FTIR	ratio	sum	FTIR	ratio	AMA/FTIR	FTIR	FTIR
Mazda CX-5 2,2l Euro6 diesel			CO2	CO	NO	NO2	NO2/NOx	NO+NO2	NOx	NO+NO2/NOx	NOx/NOx	N2O	Acetic acid C2H4O2
Cycle	engine	Note	g/km	g/km	g/km	g/km	%	g/km	g/km	%	%	g/km	g/km
EURO NEDC +23 °	cold		134,9	0,511	0,045	0,003	3 %	0,047	0,092	51 %	103 %	0,002	0,014
EURO NEDC +23 °	warm		125,0	0,123	0,056	0,009	8 %	0,065	0,109	59 %	110 %	0,003	0,025
Road, FIN +23 °C	warm		131,8	0,006	0,122	0,045	19 %	0,168	0,239	70 %	112 %	0,001	0,017
HKI +23 °C	cold		157,4	0,522	0,180	0,011	4 %	0,191	0,304	63 %	129 %	0,005	0,012
HKI +23 °C	warm		145,5	0,158	0,201	0,025	7 %	0,226	0,350	64 %	126 %	0,008	0,047
HKI +23 °C	warm	A/C on	157,4	0,059	0,234	0,037	9 %	0,270	0,410	66 %	121 %	0,009	0,071
Road, FIN +23 °C	warm		132,3	0,017	0,115	0,040	18 %	0,155	0,224	69 %	112 %	0,001	0,028
EURO NEDC -7 °C	cold		190,1	1,866	0,160	0,008	3 %	0,168	0,278	60 %	116 %	0,003	0,019
EURO NEDC -7 °C	warm		154,1	0,661	0,082	0,006	4 %	0,088	0,153	57 %	210 %	0,002	0,020
Road, FIN -7 °C	warm		141,9	0,046	0,128	0,032	14 %	0,160	0,235	68 %	74 %	0,001	0,029
HKI -7 °C	cold		230,6	1,917	0,427	0,017	2 %	0,444	0,708	63 %	40 %	0,004	0,021
HKI -7 °C	warm		183,8	1,176	0,273	0,004	1 %	0,277	0,460	60 %	169 %	0,004	0,033
Road, FIN -7 °C	warm		165,0	0,076	0,248	0,047	11 %	0,295	0,442	67 %	130 %	0,003	0,032

Tabell V.2.5 a: Utslippsdata for Euro 5 diesel Toyota Verso 2,23 l D-cat 2012 diesel avgasstestet hos VTT November 2012

Toyota Verso 2,23 l D-cat 2012 diesel			emissions g/km					fuel L/100km	
cycle	engine	Note	CO	HC	NOx	CO2	PM	FC calc	FC mass
EURO NEDC	cold	type approval	0,086	0	0,064	178	0,002	6,8	
EURO NEDC	Cold +23 °C		0,057	0,012	0,208	188,9	0,001	7,28	7,55
EURO NEDC	Warm +23 °C		0,010	0,004	0,208	172,8	0,000	6,65	6,95
Road, FIN	Warm +23 °C		0,012	0,004	0,417	177,7	0,017	6,84	6,92
HKI	Cold +23 °C		0,041	0,011	0,689	265,1	0,001	10,2	10,4
HKI	Warm +23 °C		0,018	0,003	0,789	267,3	0,001	10,3	10,6
HKI	Warm +23 °C	A/C on (+20 °C)	0,018	0,018	0,577	241,4	0,001	9,30	9,80
Road, FIN	Warm +23 °C		0,017	0,008	0,428	176,7	0,000	6,80	6,99
EURO NEDC	Cold -7 °C		0,183	0,019	0,970	240,8	0,000	9,28	9,54
EURO NEDC	Warm -7 °C		0,013	0,028	0,544	191,8	0,000	7,39	7,67
HKI	Cold -7 °C		0,566	0,052	1,268	299,0	0,001	11,6	11,7
HKI	Warm -7 °C		0,020	0,022	0,959	252,4	0,001	9,72	10,1
Road, FIN	Warm -7 °C		0,010	0,003	0,628	199,5	0,013	7,68	7,99

Tabell V.2.5 b: Utslippsdata for Euro 5 diesel Toyota Verso 2,23 l D-cat 2012 diesel avgasstestet hos VTT November 2012

			FTIR	FTIR	FTIR	FTIR	ratio	sum	FTIR	ratio	AMA/FTIR	FTIR	FTIR
Toyota Verso 2,23 l D-cat 2012 diesel			CO2	CO	NO	NO2	NO2/NOx	NO+NO2	NOx	(NO+NO2)/NOx	NOx/NOx	N2O	Acetic acid C2H4O2
cycle	engine	Note	g/km	g/km	g/km	g/km	%	g/km	g/km	%	%	g/km	g/km
EURO NEDC	Cold +23 °C		175,1	0,049	0,081	0,087	39 %	0,168	0,221	76 %	94 %	0,017	0,002
EURO NEDC	Warm +23 °C		155,6	0,002	0,051	0,097	53 %	0,149	0,182	82 %	114 %	0,015	0,001
Road, FIN	Warm +23 °C		161,8	0,005	0,154	0,137	35 %	0,291	0,386	75 %	108 %	0,007	0,001
HKI	Cold +23 °C		244,4	0,041	0,217	0,222	39 %	0,439	0,566	78 %	122 %	0,026	0,004
HKI	Warm +23 °C		239,1	0,005	0,223	0,228	39 %	0,451	0,579	78 %	136 %	0,042	0,004
HKI	Warm +23 °C	A/C on	244,0	0,006	0,100	0,285	63 %	0,385	0,453	85 %	127 %	0,050	0,008
Road, FIN	Warm +23 °C		162,5	0,009	0,159	0,136	35 %	0,295	0,390	76 %	110 %	0,008	0,002
EURO NEDC	Cold -7 °C		229,6	0,175	0,407	0,218	26 %	0,625	0,851	73 %	114 %	0,015	0,006
EURO NEDC	Warm -7 °C		183,7	0,004	0,162	0,185	40 %	0,347	0,459	76 %	211 %	0,185	0,003
EURO	warm -7 °C		175,1	0,002	0,182	0,276	49 %	0,458	0,565	81 %	96 %	0,276	0,004
HKI	Cold -7 °C		284,7	0,665	0,592	0,227	20 %	0,819	1,157	71 %	110 %	0,227	0,011
HKI	Warm -7 °C		239,0	0,008	0,327	0,268	34 %	0,596	0,786	76 %	122 %	0,268	0,007
Road, FIN	Warm -7 °C		186,6	0,002	0,260	0,154	28 %	0,414	0,558	74 %	112 %	0,154	0,002

Tabell V.2.6: Utslippsdata for Euro 5 bensin Ford Focus Ecobost 0,998l avgasstestet hos VTT November 2012

Ford Focus Ecobost 0,998l Euro 5 bensin			emissions g/km					fuel L/100km	
Cycle	engine	note	CO	HC	NOx	CO2	PM	FC calc	FC mass
EURO NEDC	cold	type approval	0,347	0,064	0,039	117	0,003	5,1	
EURO NEDC	Cold +23 °C		0,619	0,073	0,070	146,3	0,004	6,21	n/a
EURO NEDC	Warm +23 °C		0,343	0,022	0,065	143,1	0,002	6,05	n/a
HKI	Cold +23 °C		0,636	0,146	0,304	175,9	0,009	7,47	n/a
HKI	Warm +23 °C		0,153	0,033	0,501	167,5	n/a	7,07	n/a
HKI	Warm +23 °C	A/C on (+20 °C)	0,187	0,022	0,233	242,4	n/a	10,22	n/a
EURO NEDC	Cold -7 °C		1,830	0,303	0,129	171,6	0,015	7,39	n/a
EURO NEDC	Warm -7 °C		0,390	0,029	0,082	152,5	0,002	6,45	n/a
HKI	Cold -7 °C		2,249	0,470	0,309	203,1	0,041	8,76	n/a
HKI	Warm -7 °C		0,185	0,035	0,494	182,8	0,004	7,71	n/a

Tabell V.2.7: Utslippsdata for Euro 5 bensin Volkswagen Up 0,99l Euro 5 bensin avgasstestet hos VTT November 2012

Volkswagen Up 0,99l Euro 5 bensin			emissions g/km					fuel L/100km	
Cycle	Engine	note	CO	HC	NOx	CO2	PM	FC calc	FC mass
EURO NEDC	Cold	type approval	0,269	0,035	0,012	117	0	4,2	
EURO NEDC	Cold +23 °C		0,311	0,026	0,007	119,1	0,001	5,04	n/a
EURO NEDC	Warm +23 °C		0,086	0,004	0,004	113,0	0,001	4,76	n/a
HKI	Cold +23 °C		1,021	0,086	0,020	138,8	n/a	5,92	n/a
HKI	Warm +23 °C		0,238	0,007	0,011	131,4	n/a	5,55	n/a
HKI	Warm +23 °C	A/C on (+20 °C)	0,257	0,007	0,013	158,3	n/a	6,68	n/a
EURO NEDC	Cold -7 °C		1,290	0,386	0,017	135,6	0,004	5,85	n/a
EURO NEDC	Warm -7 °C		0,108	0,012	0,005	125,3	n/a	5,28	n/a
HKI	Cold -7 °C		3,649	0,807	0,024	161,2	n/a	7,14	n/a
HKI	Warm -7 °C		0,151	0,023	0,017	148,5	n/a	6,26	n/a

Tabell V.2.8: Utslippsdata for Scania lastebil med 13 liters Euro VI motor - resultater fra avgassmåling 2012 og sammenlignbare VTT resultater fra tidligere målinger med en tilsvarende lastebil og den tidligere Euro V versjonen av den samme motoren

Scania G440 13 liters Euro VI engine									G420 13 liters (SCR) EU V engine	
Driving cycle	Con figuration	Load		CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)	PM (g/km)	NOx (g/km)	PM (g/km)
WTVC	26T	no payload	WTVC 26T no payload	0,046	0,0011	0,982	759	0,0039		
WTVC	26T	fully loaded	WTVC 26T fully loaded	0,059	-0,0039	0,686	1050	0,0058		
District delivery	26T	half payload	District delivery 26T half payload	0,063	-0,0114	0,442	977	0,0026		
Road	60T	half payload	Road 60T half payload	0,047	0,0000	0,335	1065	0,0047	4,8419	0,0658
Motorway	60T	half payload	Motorway 60T half payload	0,044	0,0042	0,267	1020	0,0044	2,3574	0,0257
Motorway	60T	fully loaded	Motorway 60T fully loaded	0,052	0,0016	0,417	1253	0,0031	3,9323655	0,02

Tabell V.2.9a: Utslippsdata for Scania lastebil med 9 liters Euro VI motor 2012

Driving cycle	emissions g/km							fuel kg/100km	
	CO	HC	CH4	NOx	CO2	PM	NMHC	FC calc	FC mass
BRAUNSCHWEIG-1	0.096	0.001	-0.004	0.387	1160	0.009	0.005	36.62	36.79
BRAUNSCHWEIG-2	0.130	-0.003	-0.002	0.290	1161	0.005	-0.001	36.66	36.89
BRAUNSCHWEIG	0.113	-0.001	-0.003	0.339	1160	0.007	0.002	36.6	36.8
WHVC-1	0.054	0.003	-0.001	0.094	733	0.003	0.004	23.15	22.60
WHVC-2	0.056	0.008	-0.001	0.091	744	0.003	0.010	23.48	22.53
WHVC	0.055	0.006	-0.001	0.093	738	0.003	0.007	23.3	22.6
TR delivery-1	0.051	0.003	-0.002	0.168	799	0.002	0.005	25.24	24.89
TR delivery-2	0.047	-0.010	-0.003	0.180	795	0.002	-0.007	25.09	25.05
TR delivery-2	0.049	-0.003	-0.002	0.174	797	0.002	-0.001	25.2	25.0
TR motorway-1	0.033	0.001	0.000	0.036	515	0.002	0.002	16.27	16.03
TR motorway-2	0.037	0.001	-0.001	0.046	516	0.002	0.002	16.28	16.03
TR motorway	0.035	0.001	-0.001	0.041	515	0.002	0.002	16.3	16.0

Tabell V.2.9b: Utslippsdata for Scania lastebil med 9 liters Euro VI motor 2012 (FTIR)

	Carbon dioxide CO ₂	Carbon monoxide CO	Nitric oxide NO	Nitrogen dioxide NO ₂	Nitrous oxide N ₂ O	Ammonia NH ₃	CH ₄	NOx calculated as NO ₂	NO ₂ /NOx
	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	
TR-road	575,1	0,01	0,029	0,025	0,019	<0,001	0,002	0,070	0,36
TR-road	575,4	0,01	0,040	0,030	0,017	<0,001	0,003	0,092	0,33
Braunschweig	1196,7	0,04	0,190	0,006	0,082	<0,001	0,008	0,296	0,02
Braunschweig	1214,4	0,04	0,160	0,012	0,140	0,001	0,008	0,257	0,05
WVTC	716,7	0,02	0,064	0,002	0,046	<0,001	0,004	0,100	0,02
WVTC	712,3	0,02	0,057	0,003	0,043	<0,001	0,004	0,090	0,03
TR-delivery	774,1	0,02	0,101	0,003	0,057	<0,001	0,004	0,157	0,02
TR-delivery	771,3	0,02	0,113	0,001	0,058	<0,001	0,004	0,175	0,01

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no