

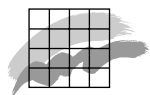


Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 620, 2007

Vurdering af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer som virkemiddel til nedbringelse af NO₂-forureningen i de større danske byer

(Tom side)



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 620, 2007

Vurdering af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer som virkemiddel til nedbringelse af NO₂-forureningen i de større danske byer

Finn Palmgren
Ruwim Berkowicz
Matthias Ketzel
Morten Winther

Datablad

Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 620
Titel:	Vurdering af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer som virkemiddel til nedbringelse af NO ₂ forureningen i de største danske byer
Forfattere:	Finn Palmgren ¹ , Ruwim Berkowicz ¹ , Matthias Ketzel ¹ og Morten Winther ²
Afdelinger:	¹ Afdeling for Atmosfærisk Miljø, ² Afdeling for Systemanalyse
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Aarhus Universitet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	Juni 2007
Faglig kommentering:	Lars Moseholm, DMU & Charlotte Stenby, Miljøstyrelsen
Finansiell støtte:	Miljøstyrelsen
Bedes citeret:	Palmgren, F., Berkowicz, R., Ketzel, M. & Winter, M. 2007: Vurdering af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer som virkemiddel til nedbringelse af NO ₂ forureningen i de største danske byer. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 41s. -Faglig rapport fra DMU nr.620. http://www.dmu.dk/Pub/FR620.pdf .
Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse	
Sammenfatning:	Det forventes, at det vil være vanskeligt at overholde den af EU fastsatte grænseværdi for NO ₂ i 2010 i stærkt trafikerede gader i Danmark og i hele Europa. Der er derfor gennemført en analyse af den forventede udvikling i NO ₂ niveauet i 138 gadestækninger med stærk trafik i hovedstadsområdet. Tidligere emitterede bilerne typisk 5-10 % af NO _x som NO ₂ , og NO ₂ niveauet på trafikerede gader var især bestemt af O ₃ niveauet, som giver anledning til oxidation af NO til NO ₂ . Til trods for strengere krav til NO _x emissionen fra nye biler, forventes en stigning i NO ₂ niveauet, fordi nye dieselmotorer og dieselmotorer med filtre emitterer forholdsvis mere NO ₂ direkte, op til 40-50 % for nye dieselmotorer med oxiderende katalysatorer. Der er gennemført analyse af eksisterende måledata og gennemført scenarieberegninger frem til 2020, specielt i relation til planerne for indførelse af miljøzoner, der kræver partikelfiltre på tunge køretøjer, der fører til større andel af direkte emitteret NO ₂ . Endvidere er effekten af SCR katalysatorer vurderet. De største usikkerheder ved beregningerne er udviklingen i andelen af dieselpersonbiler og den direkte NO ₂ emission for de nyeste tunge køretøjer ved forskellige teknologier.
Emneord:	NO ₂ , trafik, partikelfiltre, byer, SCR katalysatorer, NO _x
Layout:	Majbritt Ulrich
ISBN:	978-87-7772-988-1
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	41
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/Pub/FR620.pdf

Indhold

Summary and conclusions 5

1 Baggrund 8

2 Formål 10

2.1 Aktiviteter 10

3 Metode 11

4 Analyse af luftkvalitetsmålinger 12

4.1 Udvikling i direkte NO₂ andel 12

4.2 Køretøjssammensætningens betydning 14

5 Modelberegninger 16

5.1 Trafikdata og køretøjssammensætning 16

5.2 Emissioner for NO_x 18

5.3 Direkte emission af NO₂ 18

5.4 Modelresultater sammenlignet med målinger 21

6 Scenarieberegninger 23

6.1 Basisscenarier 23

6.2 Tiltagsscenarier 25

7 Resumé og konklusioner 31

8 Referencer 34

Appendiks 35

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Summary and conclusions

The project assesses SCR catalysts as an efficient tool to obtain compliance with the EU limit value for NO₂. It is expected that Denmark and the other EU member states are not able to comply with the limit value at 40 µg/m³ (annual average) in 2010 without further measures (EU, 2006).

Within the recent years we have observed an increase of the NO₂ concentrations at busy streets. Several years of measurements from the monitoring programmes have been analysed. They support the assumption that the increasing NO₂ concentration is due to higher direct NO₂ emissions from traffic, probably caused by increasing number of modern diesel vehicles equipped with oxidizing catalysts or particle filters. We observed an increase of the direct NO₂ contribution from around 5 % in 1995 to 18 % in 2006 during daytime on weekdays. During weekend nights we observed up to 40 %, when the traffic is dominated by taxis, which generally are new diesel cars with oxidizing catalysts.

The fraction of NO₂ formed by oxidation of NO by O₃ is nearly constant. This is because O₃, which up till now has been the limiting parameter, has been constant for many years.

In addition, we have made scenario calculations of the effect of several different measures. The scenarios are the following:

0. Basis scenarios for 2005, 2010, 2015 and 2020 without further measures.
1. A scenario for 2010 corresponding to the environmental zone proposal in Copenhagen. I. e. particle filters are mandatory for heavy duty vehicles (> 3.5 tons), which have EURO 3 engines or older in 2010 (MZ1).
2. The environmental zone proposal (MZ1) as above, but with the assumption that 50 % of the oldest heavy duty vehicles will be replaced by new (EURO 5) (MZ2).
3. The environmental zone proposal (MZ1) as above, but with SCR catalysts on all vehicles, which got filters retrofitted (MZ1+SCR).
4. Replacement of pre-EURO petrol passenger cars (scrapping) with EURO 5 petrol passenger cars in 2010.
5. All diesel vehicles will be equipped with SCR catalysts in 2010.
6. A combination of 3. and 4. in 2010 and SCR catalysts on buses.
7. A combination of 3. and 4. in 2015 and SCR catalysts on buses.

We have made all scenario calculations for 138 busy street sections in the Capital area (the municipalities of Copenhagen and Frederiksberg). The calculations for 2005, 2010, 2015 and 2020 showed that the NO₂ concentrations will increase until 2010 assuming no other measures than already approved. Consequently, Denmark will not be able to comply with the limit value at 40 µg/m³ at much trafficked street sections. Exceedance

of the limit value will take place at 115 of the 138 street sections. The limit value will also be exceeded at some street sections until 2020.

MZ1: Implementation of the environmental zone proposal will result in exceedances at more street sections, if particle filters are retrofitted on heavy duty vehicles without any further technological measures for reduction of the NO₂ emission. This will lead to exceedances at 129 of the 138 street sections.

MZ2: The number of streets sections with exceedances will be reduced to 120, if a fraction of the heavy duty vehicles (50 %), which should have particle filters are replaced by new vehicles (EURO 5).

MZ1+SCR: Retrofitting of SCR catalysts in the MZ1 scenario will reduce the number of street section with exceedances significantly to 101.

Scrapping of all EURO 1 and older petrol passenger cars and replacement with EURO 5 cars will lead to 105 street sections with exceedances.

The number of street sections with exceedances will be reduced to 67, if all diesel vehicles were equipped with SCR catalysts. This is probably not realistic from a technological and economic point of view.

The combination of scrapping of old petrol passenger cars and SCR catalysts on all diesel vehicles which got particle filter lead to 55 and 58 street sections with exceedances in 2010 and 2015, respectively.

In conclusion, none of tested scenarios did result in compliance with the limit value at 40 µg/m³ in 2010. It was assumed that the traffic was constant until 2020, which probably is an underestimation since we already can observe a general increase. However, the increase will probably not take place in the very densely trafficked streets where the exceedances take place, but more in the newer and larger roads (by-pass roads, highways etc.)

In addition, it has been assumed, that the fraction of diesel passenger cars will rise until 25 %. This is probably an underestimation, since we already have seen a trend to a larger fraction. Estimates up to 60-70 % have been made, but it will depend on many factors like taxes on fuel and vehicles. The calculated NO₂ concentration may therefore be underestimated for the long term scenarios.

Finally, it has been assumed that the fractions of direct NO₂ emissions are correctly estimated. They are taken from the literature, but they will depend on the applied technologies. Especially, the direct NO₂ emissions from newest heavy duty vehicles can be overestimated. The calculated NO₂ concentrations may therefore be overestimated for the long term scenarios.

If the direct NO₂ emission from the new heavy duty vehicles is overestimated, and at the same time the share of diesel passenger cars is underestimated then is the effect of introduction of SCR catalysts in the environmental zone (MZ1+SCR) overestimated. We expect to have more accurate data on the direct NO₂ emissions from especially the new heavy duty vehicles during the autumn of 2007.

Generally, the trend of the NO₂ emissions will also depend on the future legislation, taxes etc. Until now there are only emission limits on NO_x and not specifically on NO₂ and this could be changed in the future.

1 Baggrund

I forbindelse med vedtagelsen af lovforslaget om miljøzoner i december 2006 har miljøministeren tilkendegivet, at hun senest den 1. juli 2007 vil oversende en vurdering til Folketinget Miljø- og Planlægningsudvalg af SCR-katalysatorer som virkemiddel til overholdelse af grænseværdien for NO₂ i luften langs trafikerede gader i danske byer. Resultatet af projekt, som er rapporteret i denne rapport, er et vigtigt bidrag til denne vurdering.

Det forventes, at det vil være vanskeligt at overholde den af EU fastsatte grænseværdi på 40 µg/m³ for NO₂ (EC, 1999 og Miljøministeriet, 2003) i 2010 i Danmark såvel som i resten af Europa. I dette projekt er lavet en fremskrivning, der viser, hvorvidt det vil være muligt at overholde grænseværdien, og hvordan anvendelsen af forskellige virkemidler kan reducere problemet.

Der er tidligere lavet flere detaljerede analyse af Danmarks muligheder for at overholde EU's grænseværdi for NO₂ i udeluft, der skal overholdes i 2010. Disse analyser har ikke i fuldt omfang medtaget det forhold, at det direkte udslip af NO₂ fra dieselmotorer er kraftigt stigende. Der er heller ikke tidligere lavet en analyse af SCR-katalysatorer på tungekøretøjer som virkemiddel.

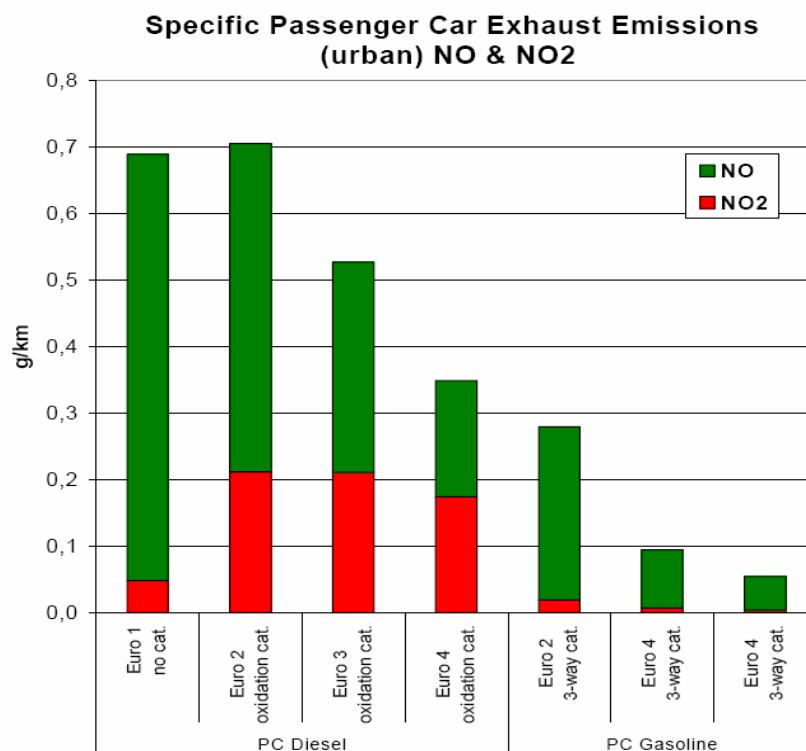
Projektet giver en vurdering af om SCR-katalysatorer er et effektivt middel til nedbringelse af NO₂-koncentrationen i trafikerede gader i større danske byer. Vurderingen skal ligge til grund for en evt. beslutning om krav om eftermontering af SCR-katalysatorer på køretøjer, der anvendes i kommende miljøzoner.

Projektet bygger videre på følgende tidligere projekter:

- Analyse af forhøjet NO₂ niveau i København og prognose for 2010, Faglig rapport fra DMU, nr. 498 (Berkowicz et al., 2004).
- Virkemidler til overholdelse af NO₂ grænseværdier for luftkvalitet i København, Miljøkontrollen 2005 (Jensen et al., 2005).
- Vurdering af konsekvenserne af indførelse af forskellige typer miljøzoner i København, Arbejdsrapport 222 (Palmgren Jensen, et al., 2005).
- Endvidere inddrages de resultater der blev fremlagt på EU-workshoppen: "The impact of direct emissions of NO₂ from road vehicles on NO₂ concentrations", Brussels, 19. September, 2006. http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/cafe_baseline/library?l=/cafe_ambient_quality (EU, 2006).

NO₂ andelen af NO_x fra trafikken vil være meget afhængig af hvilke køretøjer, der dominerer trafikken. Dette var der ikke taget højde for i tidligere undersøgelser, men det voksende antal dieselpersonbiler og overvejelserne om at montere partikelfiltre på tunge køretøjer har ændret denne forudsætning. Et eksempel på vurdering af NO₂ andelen for personbiler er vist i Figur 1. Tilsvarende gælder for tunge køretøjer. Data fra littera-

turen og fra oplysninger fra eksperter (Lambrecht, 2007) er anvendt i de følgende vurderinger. Indførelse af dette har været en af hovedopgaverne i denne undersøgelse sammen med opdatering af emissionsdata, herunder udviklingen i køretøjssammensætningen, specielt den voksende andel af persondieslbiler.



Figur 1. NO_x OG NO₂ emissioner fra forskellige typer af køretøjer. (Lambrecht et al., 2006) .

2 Formål

Projektets mål er at vurdere virkemidler til overholdelse af grænseværdien for NO₂ herunder en specifik vurderingen af indførelse af SCR-katalysatorer. Projektet er en del af grundlaget for vurdering af om SCR-katalysatorer er et effektivt middel til nedbringelse af NO₂-koncentrationen i trafikerede gader i større danske byer.

2.1 Aktiviteter

Der gennemføres en opdatering af analysen fra 2004 med ny viden om NO_x emissionsfaktorer og om det direkte NO₂ udslip fra moderne dieslbiler jf. de erfaringer, der blev præsenteret på EU workshoppene i Bruxelles "The impact of direct emissions of NO₂ from road vehicles on NO₂ concentrations" (EU, 2006). Heri indgår en analyse af betydningen af det direkte NO₂ udslip og den stigende dieselandel for personbiler i muligheder for at overholde NO₂ grænseværdien.

Med udgangspunkt i det forventede forslag til miljøzoner i København og Frederiksberg Kommuner er der udarbejdet en analyse af betydningen af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer.

Med henblik på etablering af miljøzoner i Odense, Århus og Aalborg kan de gennemførte beregninger i København og data om emissioner overføres til tilsvarende gader i andre byer, i det omfang relevante data om trafik og gadernes form forefindes.

3 Metode

Der gennemføres en analyse af de eksisterende luftkvalitetsdata fra København med henblik på at vurdere bidrag fra forskellige køretøjskategoriers bidrag til NO₂ forureningen fra trafikken, specielt betydningen og omfanget af den direkte emission af NO₂.

Beregningerne fra 2004 gentages på 138 gadestrækninger i København med nye data om trafik og nye emissionsfaktorer, herunder en opdatering med data om den direkte NO₂ emission fra dieslbiler for årene 2005, 2010, 2015 og 2020 (basisscenarierne). Der anvendes emissionsdata fra COPERT 4 suppleret med de seneste EURO normer for dieslbiler (suppleret med oplysninger fra Miljøstyrelsen om forventede grænseværdier for de normer, som endnu ikke var vedtaget i maj 2007). Den direkte NO₂ andel er vurderet af DMU (SYS og ATMI) ud fra litteraturen.

Beregningsresultaterne for referenceåret sammenlignes med måledata, og det vurderes om de anvendte emissionsfaktorer giver acceptable resultater. Resultaterne vurderes i forhold til grænseværdierne for NO₂.

Der laves scenarieberegninger for 2010 svarende til miljøzoneforslaget for København. D.v.s. partikelfiltre på alle tunge køretøjer, der har EURO II motor eller ældre fra 2008, og partikelfiltre på alle tunge køretøjer, der har EURO III motor eller ældre fra 2010. Dette scenarium betegnes i det følgende som MZ1. Som bybaggrund anvendes eksisterende målinger. Der regnes med de samme trafikmængder og køretøjskategorier som tidligere, men med en større direkte andel NO₂ for de køretøjer, der får monteret partikelfiltre.

Den direkte NO₂ andel tages fra data om EURO 4 køretøjer. Der laves endvidere en beregning, hvor ca. 50 % af de ældre tunge køretøjer skiftes ud med nye (EURO 5) i stedet for at eftermontere filtre. Scenariet betegnes i det følgende som MZ2.

Yderligere beregninger gennemføres som ovenfor, men med reducerede NO_x emissioner ved hjælp af SCR-katalysatorer fra de køretøjer, der får monteret partikelfiltre. Der er regnet med en NO_x reduktion på 80 % ved hjælp af SCR katalysatorer. Scenariet betegnes i det følgende som MZ1+SCR.

Der gennemføres endvidere en række scenarieberegninger, hvor forskellige virkemidler kombineres.

Alle vurdering foretages på basis af eksisterende trafikprognoser og køretøjssammensætning, som foreligger i DMU's databaser. Detaljer findes i kapitel 5.1.

4 Analyse af luftkvalitetsmålinger

Der er 3 bidrag til NO₂ forureningen i gader: Bybaggrund fra trafikken i byen og andre kilder, NO₂ dannet ved oxidation med O₃ og det direkte bidrag fra trafikken. I det følgende analyserer vi det direkte bidrag og dennes udvikling over årene ved hjælp af eksisterende luftkvalitetsmålinger.

Summen af NO₂ og O₃ kaldes O_x. Hvis der ikke er lokale bidrag til NO₂ og hvis det antages, at O₃ kun fjernes ved dannelse af NO₂ ud fra NO, vil O_x være konstant fra bybaggrund til gade. Det forudsættes endvidere, at der ikke dannes ozon i danske byer, hvilket er en god tilnærmelse. Hvis der er et lokalt bidrag til NO₂ proportional med det lokale NO_x får vi:

$$[O_x]_{\text{gade}} = [O_x]_{\text{bybaggrund}} + [NO_2]_{\text{direkte}} \text{ eller}$$

$$[O_x]_{\text{gade}} - [O_x]_{\text{bybaggrund}} = p \cdot ([NO_x]_{\text{gade}} - [NO_x]_{\text{bybaggrund}}) \text{ eller}$$

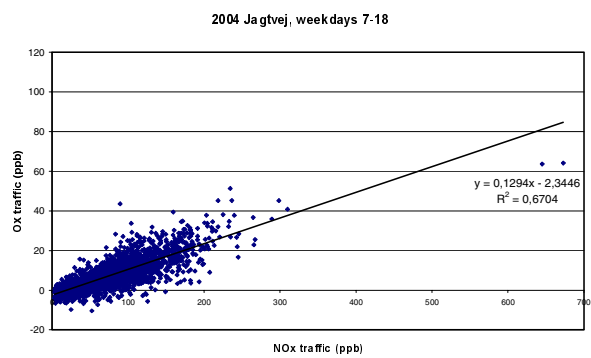
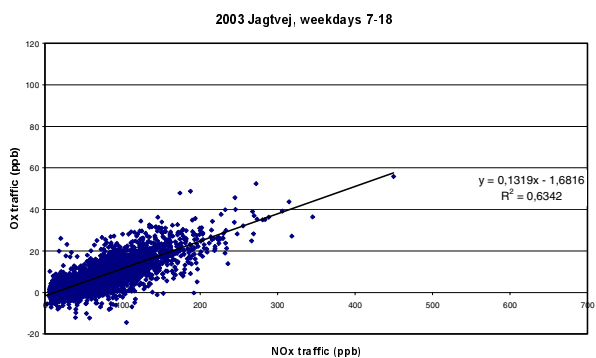
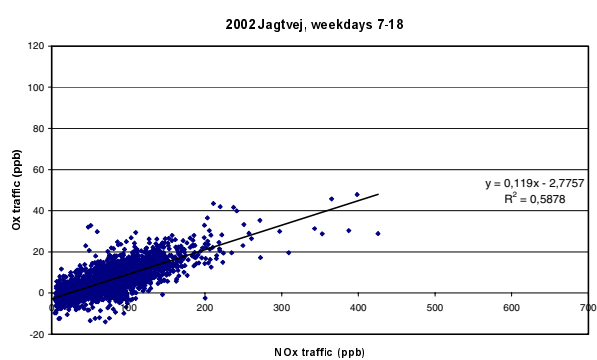
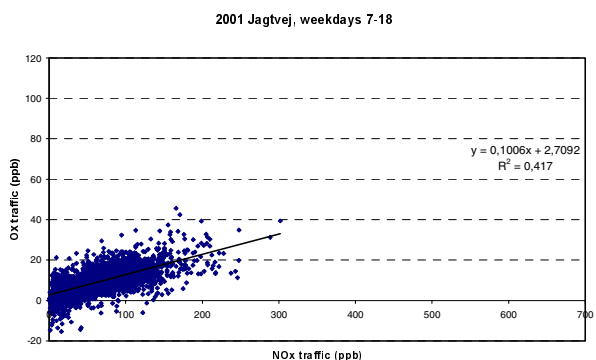
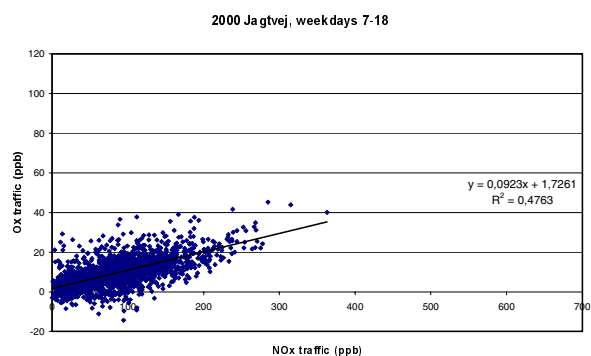
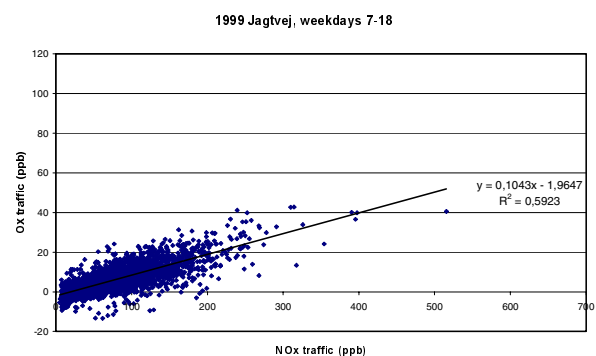
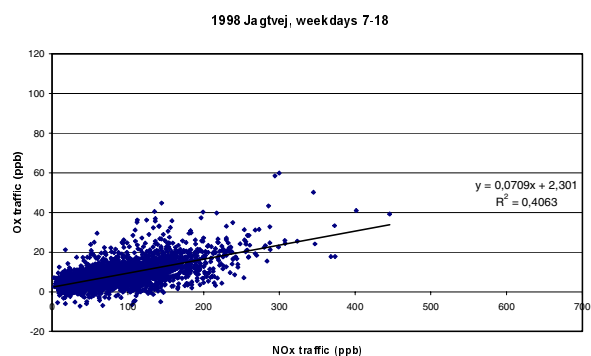
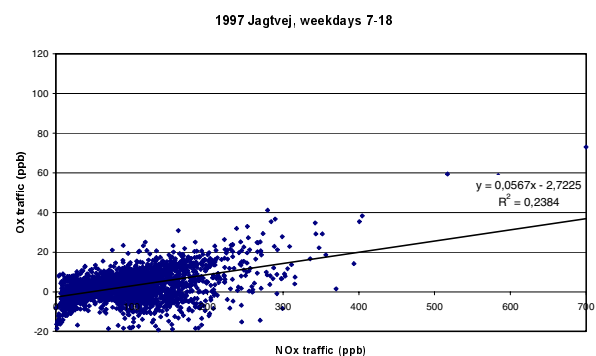
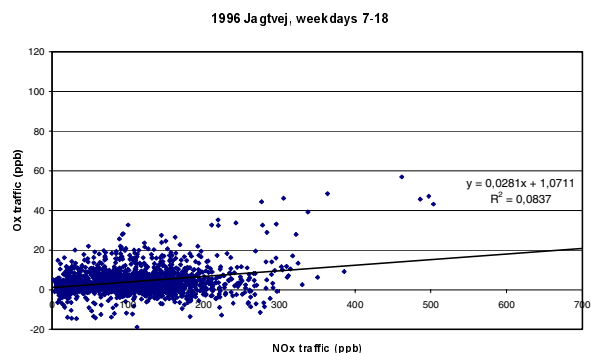
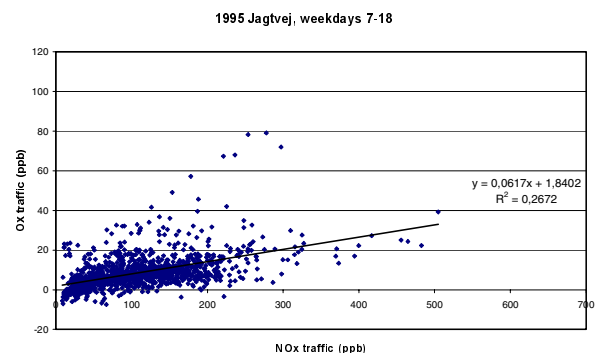
$$[O_x]_{\text{trafik}} = p \cdot [NO_x]_{\text{trafik}}$$

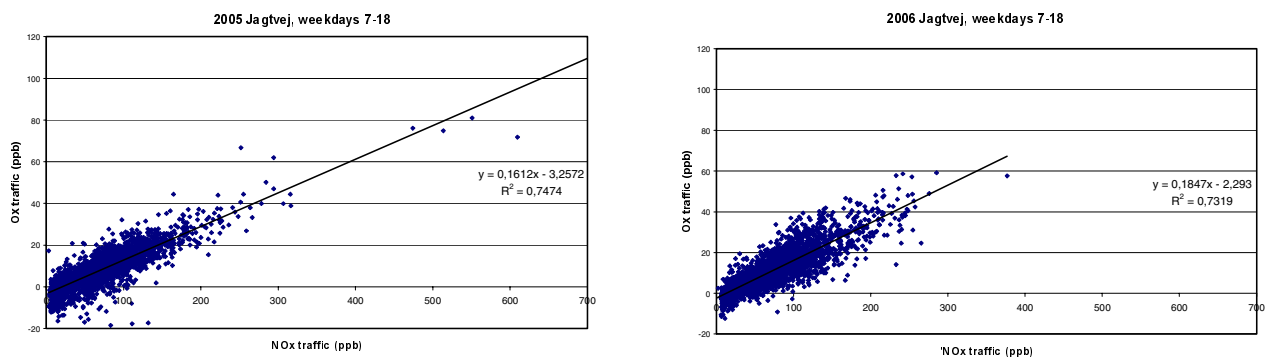
hvor p er andelen af direkte emitteret NO₂ fra trafikken i den pågældende gade. Plottes O_x trafik mod NO_x trafik kan den direkte NO₂ andel fra trafikken bestemmes ud fra hældningen af en regressionslinje. NO₂ andelen vil variere med ændringen i køretøjssammensætningen. Derfor kan det være nødvendigt at udvælge tidsperioder med omtrent samme køretøjssammensætning, fx hverdagsdøgn i dagtimerne.

4.1 Udvikling i direkte NO₂ andel

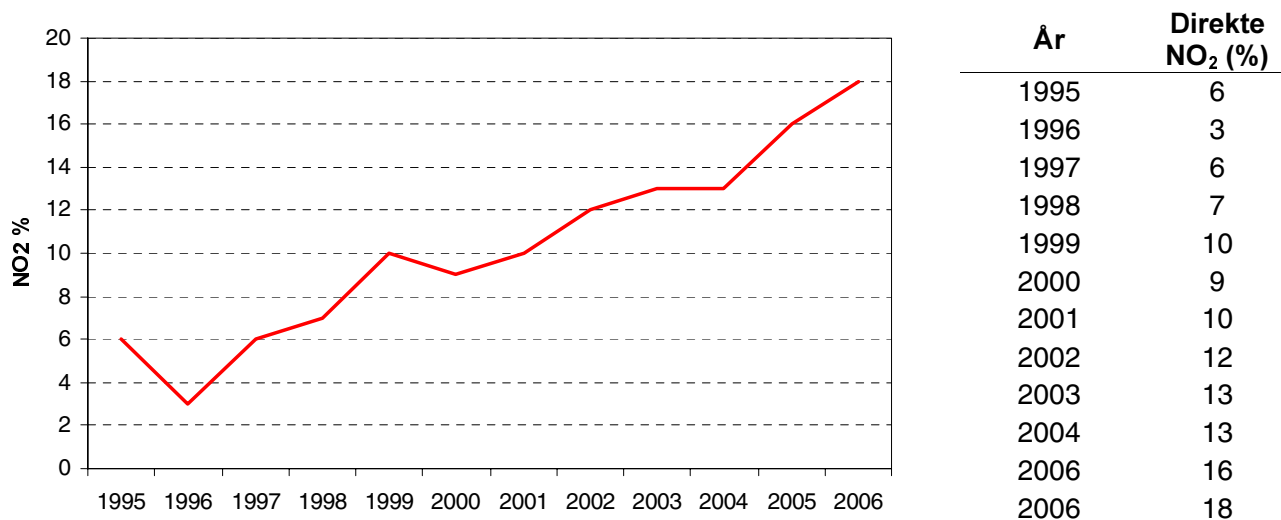
Analyse af eksisterende data for NO_x, NO₂ og O₃ er gennemført for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i København for perioden 1995-2006 (www.dmu.dk). Da der mangler data for O₃ for bybaggrund i en del af perioden, har vi valgt at anvende Lille Valby ca. 35 km vest for København til baggrundsværdier for O_x og NO_x. Det betyder i praksis ikke noget for bestemmelsen af NO₂ andelen og kun lidt for afskæringen på O_x-aksen.

Figur 2 viser disse plot fra Jagtvej i København for årene 1995-2006, men kun for dagtimerne (7-18) på hverdagsdøgn. Der ses en klart stigende tendens for NO₂ andelen. Dette er opsummeret i Figur 3, som viser en stigning fra ca. 5 % i 1995 til 18 % i 2006, hvilket er som forventet som følge af flere persondieselbiler og moderne dieslkøretøjer med partikelfiltre. Det skal bemærkes, at usikkerheden på O_x er ret stor, fordi den beregnes ud fra 6 samtidige målinger på 2 lokaliteter.





Figur 2. Gade O_x mod gade NO_x for Jagtvej fratrullet data fra Lille Valby år for år i perioden 1995 til 2006 i dagtimerne på hverdagsdøgn. Hældningen af regressionslinien angiver den direkte NO₂ andel fra trafikken på Jagtvej.

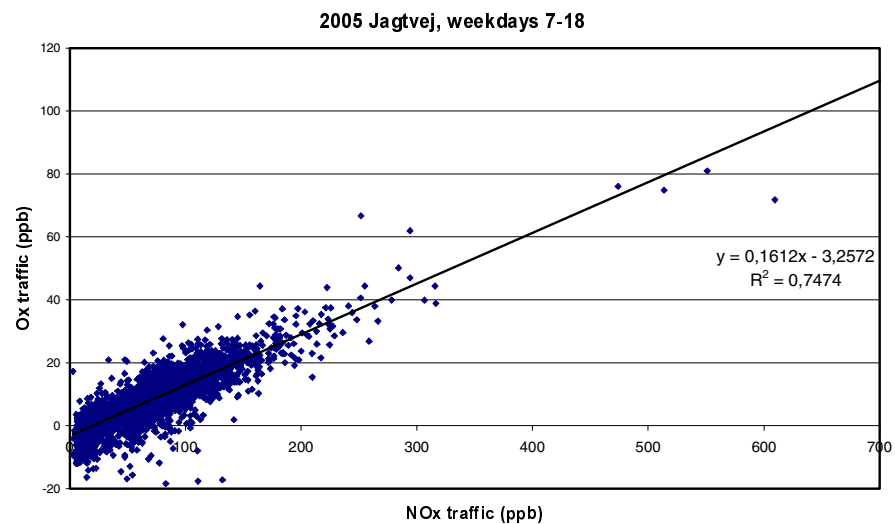


Figur 3. Udviklingen i direkte NO₂ andel fra trafikken i dagtimerne på hverdagsdøgn på Jagtvej i København, baseret på målinger på Jagtvej.

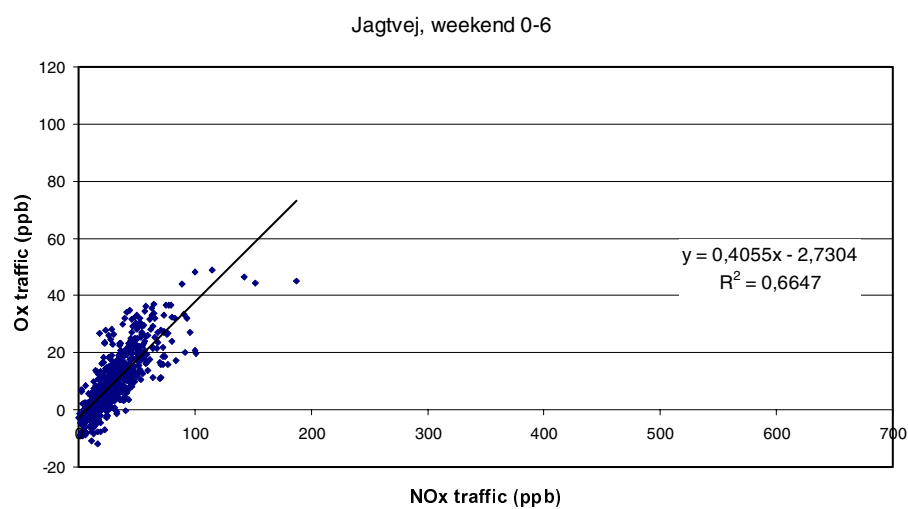
4.2 Køretøjssammensætningens betydning

Den direkte NO₂ andel afhænger stærkt af køretøjssammensætningen (se fx kapitel 1 og Lambrecht et al 2006), der er forskellig i løbet af døgnet og ugen. Specielt er trafikken helt forskellig mellem dagtimerne på hverdagsdøgn og nattetimerne mellem fredag og lørdag og mellem lørdag og søndag, hvor trafikken er helt domineret af taxier, som for det meste er moderne dieselpersonbiler med oxiderende katalysator. Disse taxier emitterer meget NO₂ direkte, se fx Figur 1 om EURO 4 med oxiderende katalysator.

Figur 4 og Figur 5 viser at andelen af direkte NO₂ i 2005 på Jagtvej er ca. 16 % i dagtimerne (kl. 7-18) på hverdagsdøgn og ca. 40 % i weekendnætterne (kl. 0-6), hvilket bekræfter ovennævnte.



Figur 4. Trafik O_x mod trafik NO_x på Jagtvej på hverdagsdøgn i dagtimerne 7-18.



Figur 5. Trafik O_x mod trafik NO_x på Jagtvej på weekenddøgn i nattetimerne 0-6.

5 Modelberegninger

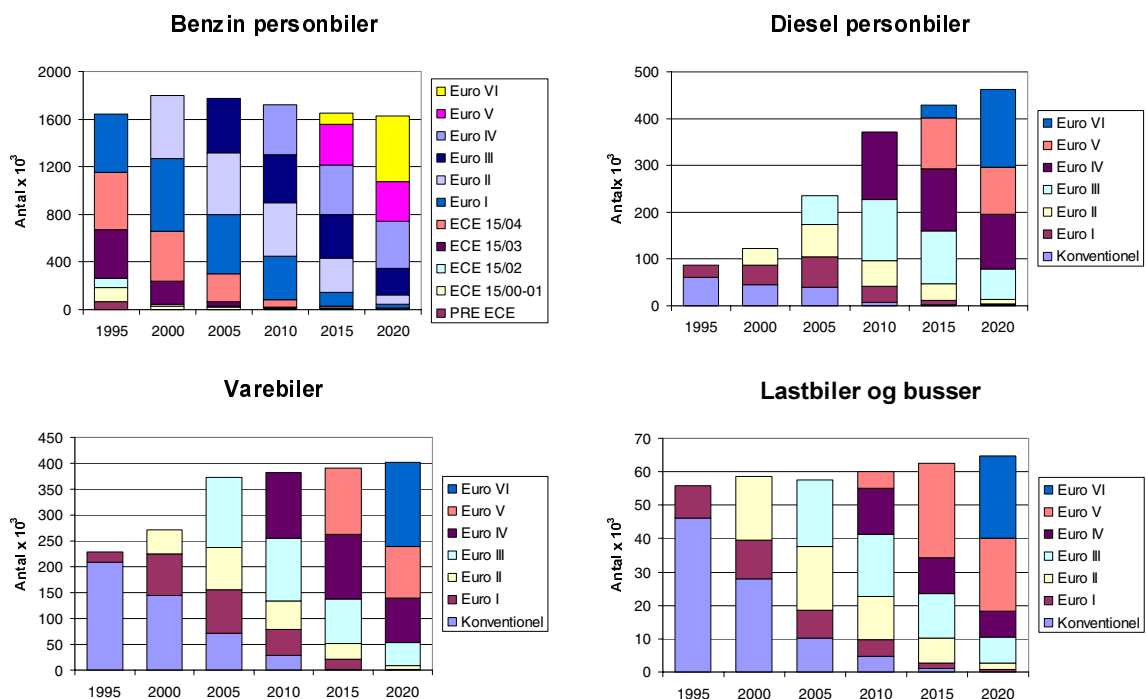
Modelberegninger af luftkvaliteten i udvalgte gader er gennemført ved hjælp af DMU/ATMI's gadeluftsmodel, OSPM (Berkowicz, 2000).

Modelberegningerne kræver en række ind-data om trafik og emissioner fra de forskellige køretøjstyper, som er beskrevet i det følgende. Desuden kræves meteorologiske data. Hvor beregningerne er gennemført for tidligere år, har vi brugt data fra de pågældende år. I scenarieberegningerne har vi valgt at bruge meteorologiske data for 2005 for alle årene. 2005 var et ret normalt år, se fx figur 12. Endelig bruges data om gadekonfigurationer, som findes i DMU/ATMI's database baseret på AirGIS som i de tidligere beregninger (Jensen et al., 2005).

5.1 Trafikdata og køretøjssammensætning

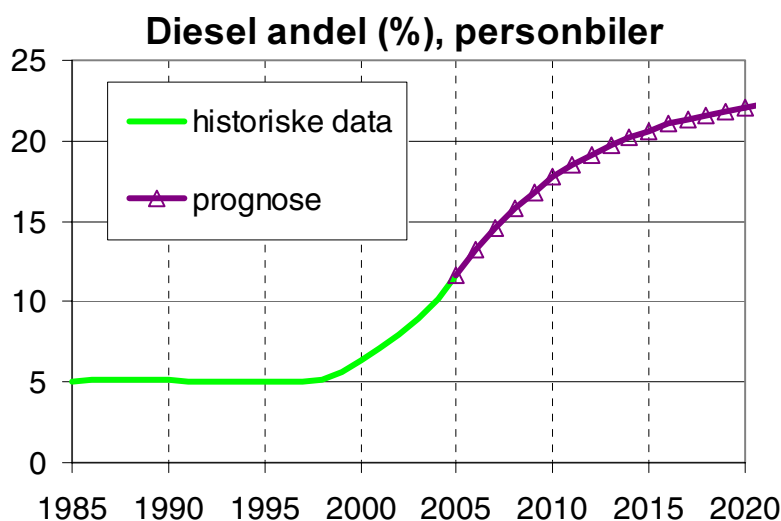
Der anvendes de samme trafikdata som i Jensen et al. (2005). D.v.s. uændret trafik og fordeling mellem køretøjstyper (person-, vare- og lastbiler) for alle scenarier. Fordeling på emissionsnormer, herunder EURO normer, og brændselstyper (diesel og benzin), er opdateret med nyeste data.

Figur 6. viser den forventede udvikling i køretøjsbestanden som følge af udskiftning af køretøjer og ikrafttrædelse af EURO normer. EURO 6 for tunge køretøjer er endnu ikke vedtaget, derfor kendes ikrafttrædelsestidspunktet og emissionerne ikke. Efter aftale med Miljøstyrelsen har vi medtaget EURO 6 med forventede ikrafttrædelsestidspunkt og grænseværdi.

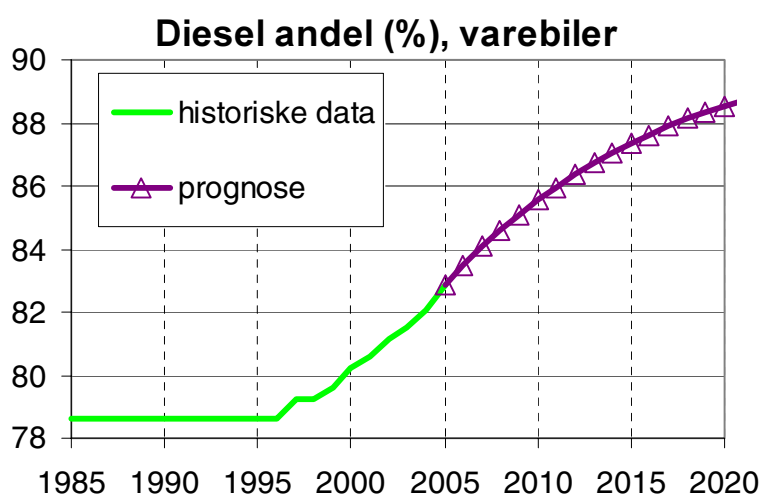


Figur 6. Udviklingen i køretøjssammensætningen er baseret på den forventede udskiftning af køretøjer og indførelse af de forskellige EURO normer.

Tidligere var dieselandelen ca. 5 % af samtlige personbiler og knapt 80 % af samtlige varebiler. Disse fordelinger har ændret sig de seneste år og vil fortsat ændre sig. Med de nuværende afgifter forventes det at indkøb af nye dieselpersonbiler vil stabilisere sig på et niveau på knapt 25 % og for dieselvarebiler på ca. 90 %. Data fra Vejdirektoratet for andelen af dieselbiler er anvendt frem til 2005. Fra 2006 og frem til 2020 er andelen af dieselpersonbiler og dieselvarebiler skønnet på basis udskiftningsrate på 5 % pr. år og ovennævnte forventede stabile niveau. Dette er vist i henholdsvis Figur 7 og Figur 8. Det skal dog bemærkes, at dieselandelen af personbiler kan vokse endnu mere, således er der skøn på helt op til 60 %, svarende til andelen af dieselpersonbiler i fx Frankrig. Dette vil naturligvis forøge NO₂ niveauet betragteligt. Udviklingen vil dog afhænge meget af afgifter og prisudvikling på biler og brændstof.



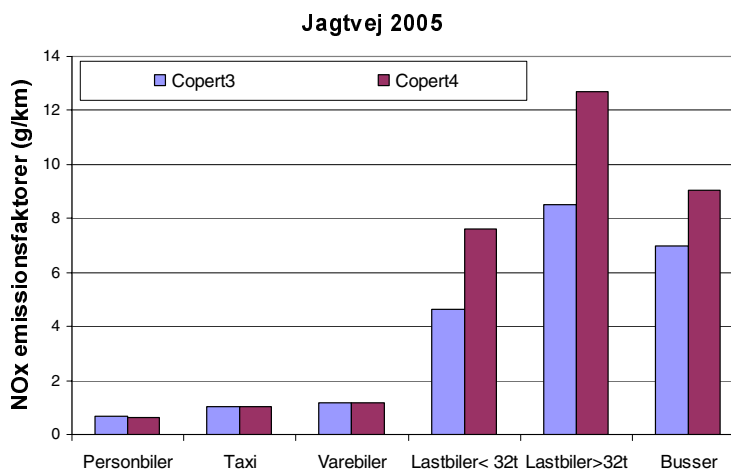
Figur 7. Udviklingen i andelen af dieselpersonbiler. Der er regnet med en stabilisering på 23,6 %.



Figur 8. Udviklingen i andelen af dieselvarebiler. Der er regnet med en stabilisering på 90 %.

5.2 Emissioner for NO_x

DMU/ATMI's database med emissioner fra de forskellige køretøjskategorier er erstattet med data fra COPERT 4, der også benyttes i de nationale emissionsopgørelser for den samlede vejtrafik (Illerup et al., 2007). Brugen af COPERT 4 data er en ændring i forhold til beregningerne i de tidligere undersøgelser, hvor der dels blev anvendt COPERT 3 data og dels data tilpasset DMU/ATMI's vurdering baseret bl.a. på luftkvalitetsmålinger på Jagtvej. Emissionsfaktorer for COPERT 3 og COPERT 4 er til sammenligning vist i Figur 9 for Jagtvej i København. De væsentligste ændringer for NO_x fra COPERT 3 til COPERT 4 er sket for tunge køretøjer, mens der ikke er sket væsentlige ændringer for personbiler og ingen ændringer for varebiler. Detaljer om tidligere anvendte emissionsfaktorer er vist i appendiks.



Figur 9. Emissionsfaktorer baseret på COPERT 3 og COPERT 4 på Jagtvej i København.

Hvor der ikke findes data i COPERT 4, d.v.s. EURO 5 og EURO 6 køretøjer, har vi anvendt emissionsnormer som emissionsfaktorer. For varebiler (EURO 5 og 6) har vi anvendt emissionsnormer for den største vægtnorm, som anses for at være mest repræsentativ for den danske bilpark. For tunge køretøjer har vi efter aftale med Miljøstyrelsen sat emissionsnormen for EURO 6 til 20 % af EURO 5.

5.3 Direkte emission af NO₂

En af de største ændringer i forhold til tidligere beregninger er vurderingen af den direkte NO₂ andel. I de tidligere beregninger blev det forudsat at 10 % af NO_x var NO₂. Som det fremgår af kapitel 4 er denne andel stigende som følge af flere dieselmotorer og nye teknologier på området, bl.a. giver partikelfiltre og oxiderende katalysatorer anledning til relativt mere NO₂.

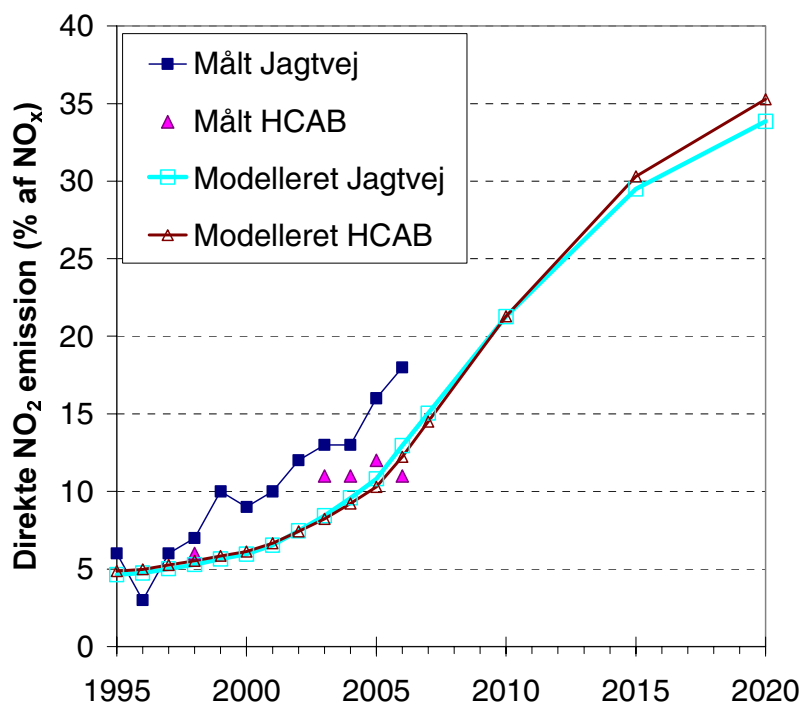
Der findes ikke data om NO₂ andelen i COPERT. Derfor har vi vurderet NO₂ andelen ud fra litteraturen, herunder fra konferencen i Bruxelles "The impact of direct emissions of NO₂ from road vehicles on NO₂ concentrations" 19. September, 2006. Øvrige referencer er Gense et al. (2006) og Lambrecht, (2007). Tabel 1 giver en oversigt, men det skal understreges, at disse tal er under stadig overvejelse forskellige steder i Europa fx

Lambrecht, U. (2007), og at de kan variere en del mellem de forskellige bilmærker og teknologier. Især er den direkte NO₂ andel for de nyeste tunge køretøjer (EURO 4 og nyere) usikker, fordi der kun er få EURO 4 køretøjer på gaden og fordi det ikke er klart, hvilke teknologier de forskellige fabrikanten vil anvende i fremtiden.

Tabel 1. Direkte emission af NO₂ (% af NO_x) fra forskellige køretøjskategorier, baseret på data fra litteraturen (Gense et al. 2006 og Lambrecht et al. 2007). Det skal bemærkes, at der er speciel stor usikkerhed for de nyeste tunge køretøjer (EURO 4 og nyere).

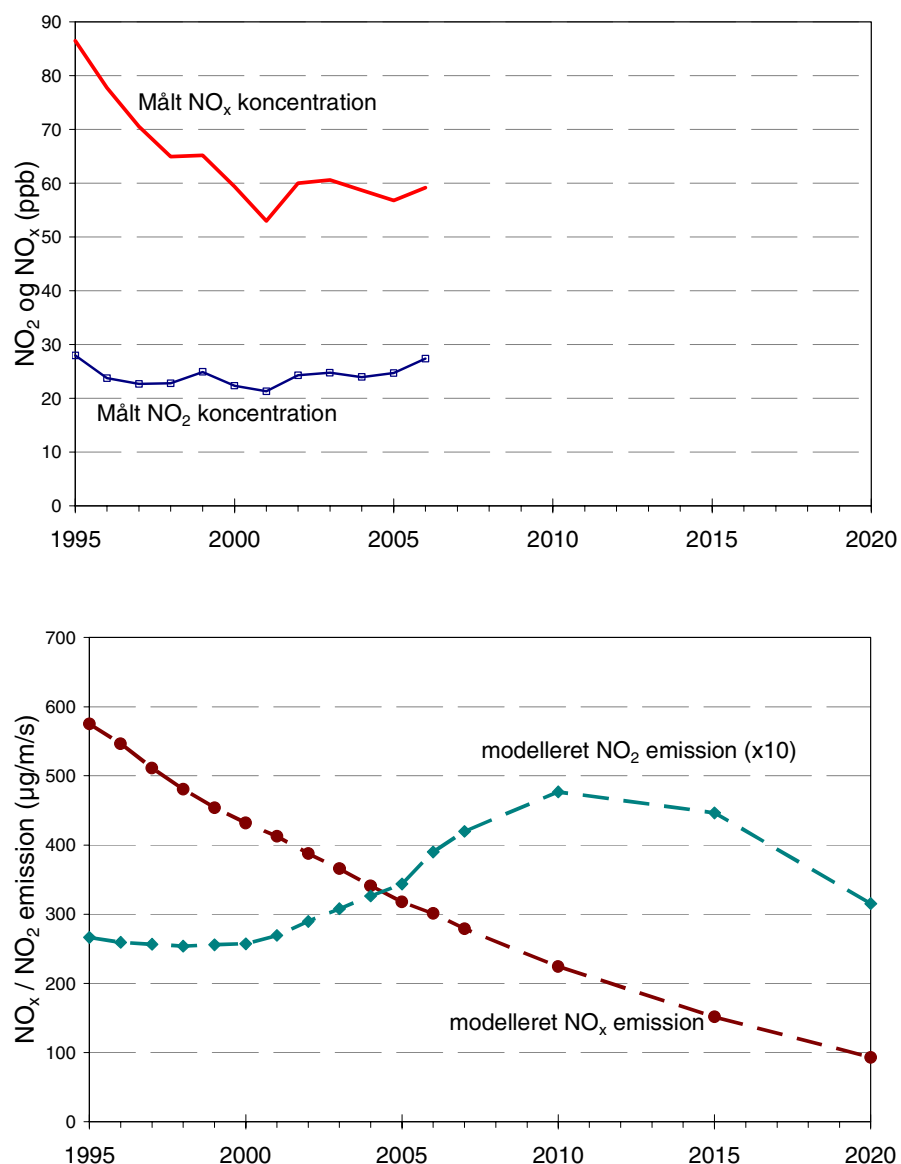
	Før EURO	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Benzin personbiler							
cc:<1.4l	3	5	5	5	5	5	5
cc:1.4-2.0l	3	5	5	5	5	5	5
cc:>2.0l	3	5	5	5	5	5	5
Diesel personbiler							
cc:<2.0l	5	5	17	50	50	50	50
cc:>2.0l	5	5	17	50	50	50	50
Taxi							
Alle	5	5	17	50	50	50	50
Benzin varebiler							
All	3	5	5	5	5	5	5
Diesel varebiler							
Alle	5	5	17	50	50	50	50
Diesel lastbiler							
3.5-7.5t	8	8	8	8	45	45	45
7.5-16t	8	8	8	8	45	45	45
16-32t	8	8	8	8	45	45	45
>32t	8	8	8	8	45	45	45
Diesel busser							
Bybusser	8	8	8	8	45	45	45
Turistbusser	8	8	8	8	45	45	45

Disse data indgår nu i DMU/ATMI's beregningsmodel og er blevet anvendt til alle følgende beregninger. Som eksempel er i Figur 10 vist andelen af direkte emitteret NO₂ på Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i København med den forventede køretøjssammensætning.



Figur 10. Andelen af direkte emitteret NO_2 på Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard. Det skal bemærkes, at der var en stor trafikomlægning på H.C. Andersens Boulevard i 2006, hvilket kan forklare den lave NO_2 andel i 2006.

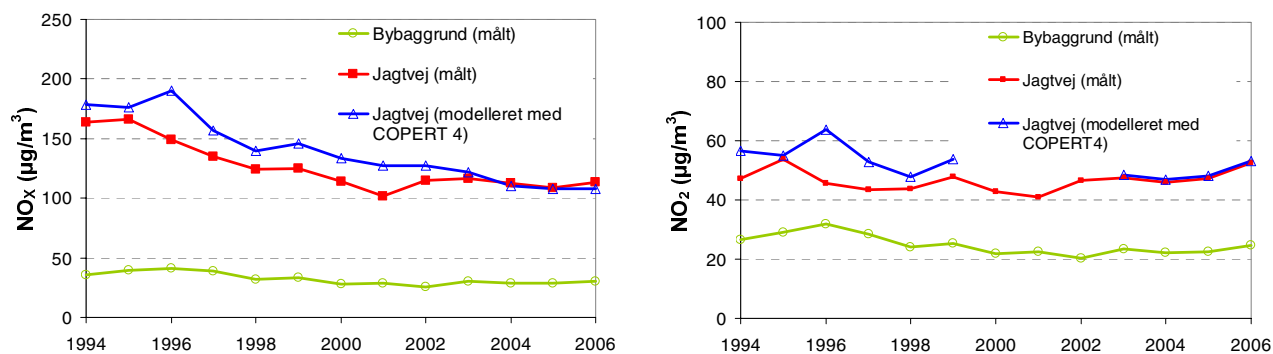
Vi har ligeledes beregnet den samlede emission af direkte NO_2 og NO_x på Jagtvej for perioden frem til 2020. Det viser, at den direkte NO_2 emission stiger fra et minimum i 2000 til et maksimum i 2010 for igen at falde frem til 2020, men vil stadig være over 2000 niveauet. Det skyldes den forventede udvikling i køretøjssammensætningen med uændret trafikmængde. NO_x emissionen er konstant faldende som følge af strengere EURO normerne. Til sammenligning er vist målte koncentrationer af NO_2 og NO_x frem til 2006.



Figur 11. Beregnede udviklinger i direkte NO₂ og NO_x på Jagtvej i København. Til sammenligning er vist målte koncentrationer på Jagtvej.

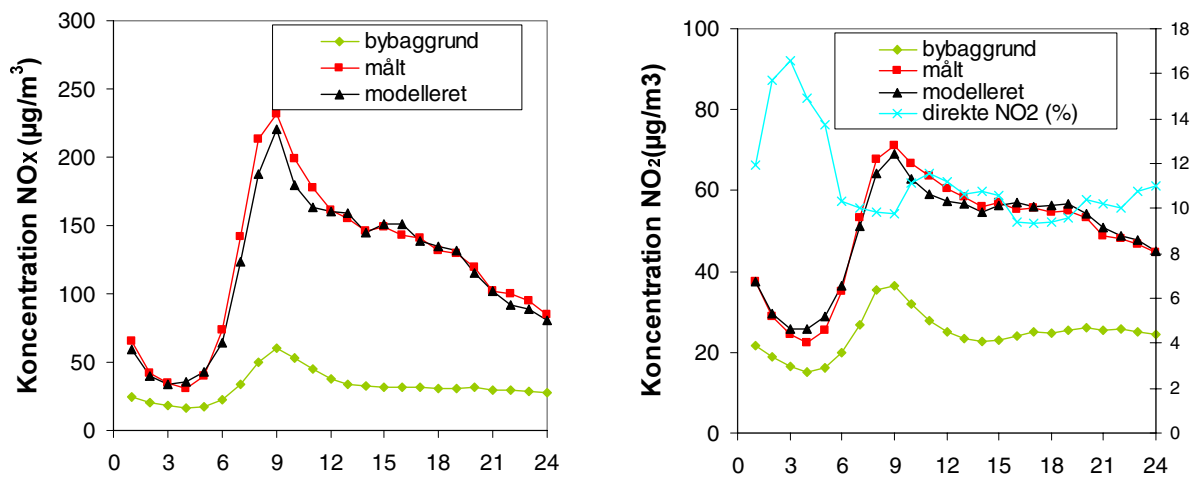
5.4 Modelresultater sammenlignet med målinger

Med henblik på at validere modellerne har vi foretaget sammenligninger mellem eksisterende målinger på Jagtvej og modelberegninger udført med en opdateret udgave af OSPM, målte data for bybaggrund (H.C. Ørsted Instituttet), de nyeste emissionsfaktorer, herunder flere dieselpersonbiler og tilhørende højere NO₂ andel. Trafikmængden er som nævnt antaget konstant i hele perioden. Der er en tendens til at modellen overvurderer både NO_x og NO₂ indtil omkring 2003, Figur 12. Dette kan skyldes ændringer i trafikken, men der foreligger ikke tilstrækkeligt gode trafikdata for hele perioden, som kan dokumentere dette.



Figur 12. Sammenligning mellem modeller og målinger på Jagtvej. Grafen til venstre er NO_x og grafen til højre er NO₂.

I Figur 13 er vist sammenligninger af målte og modellerede NO_x og NO₂ data for 2005. Det viser, at modellen beskriver af døgnvariationen godt. Bemærk, at det direkte bidrag til NO₂ er betydeligt højere om natten især på grund af taxier.



Figur 13. Sammenligning af målte og modellerede gennemsnitlige døgnvariationer på hverdage for NO_x og NO₂ (µg/m³) på Jagtvej i 2005. Det direkte bidrag til NO₂ (%) er vist i højre figur på højre akse.

6 Scenarieberegninger

Alle beregninger er gennemført med OSPM i nyeste version. Beregningerne er gennemført på de samme 138 gadestrækninger som i Jensen et al. 2005. Trafikmængden er som nævnt antaget konstant i hele perioden frem til 2020. Der vil formentlig ske en generel stigning i trafikken, men den antages især at finde sted på de overordnede veje og kun i mindre omfang i de egentlige bygader, som vi regner på her. Vi har brugt meteorologiske data fra 2005 for alle årene, fordi det er et ret typisk år. Som bybaggrund for hele byområdet har vi anvendt målinger på H.C. Ørsted Institutet i 2005. Dette kan være en overvurdering i yderområderne på 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for NO_2 . I centrum kan der være tale om en undervurdering af samme størrelse. Desuden er koncentrationen af NO_2 bybaggrund antaget konstant i hele perioden frem til 2020. Der må dog forventes et mindre fald – skønsmæssigt 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – på grund af faldet i NO_x emissionen, men også her vil den stigende direkte NO_2 emission spille en rolle, og det samlede NO_2 bidrag i bybaggrund er ca. 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og ret konstant de seneste 10 år.

6.1 Basisscenarier

Beregninger for basisscenariet er gennemført for årene 2005, 2010, 2015 og 2020 med de emissionsdata, der er omtalt i kapitel 5. Et eksempel på resultater heraf fra år 2005 for de 138 gadestrækninger er vist i Figur 14. Tilsvarende er gennemført for de øvrige år og vist i appendiks.



Figur 14. Beregnede NO_x og NO₂ koncentrationer i 138 gadestrækninger i København.

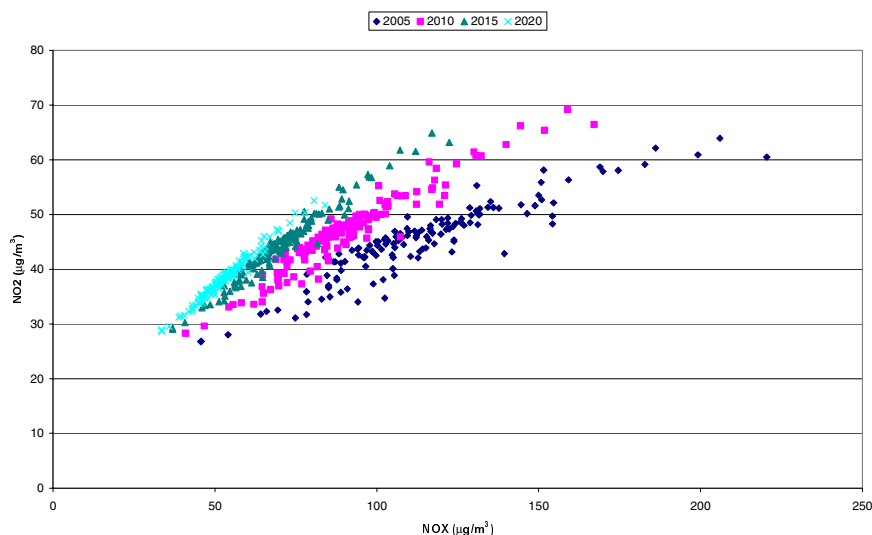
Resultater fra årene er opsummeret i Figur 15, som viser NO₂ vs NO_x for de 138 gadestrækninger og for ovennævnte år. NO_x koncentrationerne er generelt faldende på alle gader, fordi emissionen er faldende som følge af at bilparken fornyes med køretøjer (Figur 11), der opfylder de strengere og strengere EURO normer for alle køretøjskategorier.

For NO₂ er antallet af gadestrækninger med overskridelser af grænseværdien på 40 µg/m³ størst i 2010 (Tabel 2), som følge af flere persondieslbiler, flere nyere dieseldrevne biler og diesellastbiler med partikelfiltre, der alle emitterer relativt større mængder NO₂ direkte, som det fremgår af Figur 11. Samtidig er faldet i NO_x ikke tilstrækkeligt til at reducere den del af NO₂, der dannes ved oxidation med O₃, fordi O₃, som det har været tilfældet i mange år, fortsat forventes at være konstant.

I årene efter 2010 reduceres antallet af overskridelser, fordi emissionerne af NO_x stadig reduceres som følge af flere nyere køretøjer (Figur 11), som opfylder de strengere EURO normer.

Tabel 2. Antal beregnede overskridelser af grænseværdien i basis scenarierne

År	Antal overskridelser af 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2005	112
2010	115
2015	108
2020	38



Figur 15. Beregnede årsgennemsnit af NO_2 og NO_x koncentrationer på 138 gadestrækninger i København i årene 2005, 2010, 2015 og 2020.

6.2 Tiltagsscenarier

Emissioner

Der er gennemført følgende beregninger for følgende tiltag:

1. Miljøzone (MZ1) med filtre på alle tunge køretøjer fra EURO 3 og ældre i 2010.
2. Som 1. men EURO 2 og ældre tunge køretøjer (ca. 50 %) udskiftes med EURO 5 i 2010.
3. Som 1. men med SCR på alle, der får filtre i 2010.
4. EURO 1 og ældre personbiler skrotes i 2010
5. SCR på alle dieselkøretøjer i 2010
6. Maks. reduktion, der er en kombination af 3. og 4. i 2010 og SCR katalysatorer på busser.
7. Maks. reduktion, der er en kombination af 3. og 4. i 2015 og SCR katalysatorer på busser.

Emissionerne af NO_x og den direkte andel af NO_2 varierer forskelligt. Et eksempel er vist i Figur 16 for de forskellige køretøjskategorier for H.C. Andersens Boulevard. Dette illustrerer betydningen af den direkte NO_2 andel af NO_x emission, som afhænger af de forskellige tiltag, og udviklingen i trafiksammensætningen (Tabel 1).

NO_x emissionen er størst i basisåret 2005 og falder frem til 2020 som følge af fornyelse af bilparken. Miljøzonen-scenariet (MZ1), der kun omfatter montering af filtre på den ældre del af de tunge køretøjer op til og med EURO 3, fører ikke til ændringer i NO_x niveauet i 2010, fordi partikelfiltre ikke ændrer NO_x emissionen.

Miljøzonen-scenariet (MZ2), der omfatter filtre på EURO 3 og en forventning om, at de øvrige (op til og med EURO 2, ca. 50 %) erstattes af EURO 5 køretøjer, fører til en reduktion på grund af mindre NO_x emission fra EURO 5 køretøjer.

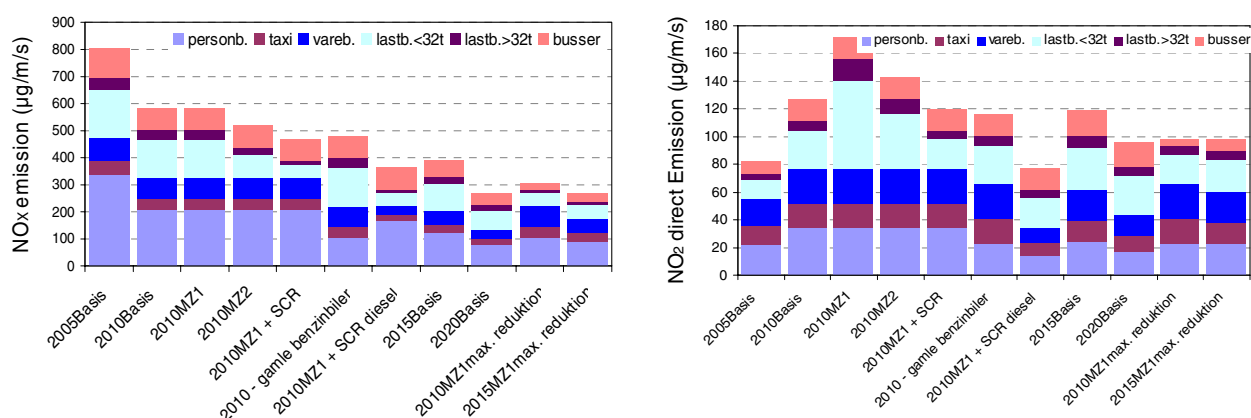
Kombineres MZ1 med montering af SCR katalysatorer med en effektivitet på 80 % opnås en reduktion i forhold til 2010 basis scenariet. Det antages, at NO₂/NO_x forholdet ikke ændres af SCR.

Da de ældste benzin personbiler bidrage meget til NO_x emissionen, har vi lavet et scenarium, hvor alle EURO 1 og ældre benzin personbiler udskiftes med EURO 5 benzin personbiler. Herved reduceres deres bidrag med næsten 50 %.

Det femte scenarium omfatter SCR katalysatorer på alle dieslbiler (undtagen busser), hvilket naturligtvis giver en væsentlig reduktion i NO_x emissionen.

Tilsvarende ser vi en stigning i den direkte NO₂ emission i basis scenariet fra 2005 til 2010 som følge af flere persondieslbiler og flere nye tunge køretøjer med partikelfiltre, som forventes at medføre markant højere direkte NO₂ emission.

De to miljøzonen-scenarier fører begge til stigning i den direkte NO₂ emission som følge af partikelfiltrene, mest for MZ1 og noget mindre for MZ2. Suppleres MZ1 med SCR filtre opnås ca. samme emission som i basisscenariet for 2010. Erstatning af de gamle pre-EURO benzin personbiler med EURO 5 biler giver en lille reduktion i NO₂ emissionen. SCR katalysatorer på alle dieslbiler i 2010 giver ca. samme direkte NO₂ emission som basis scenariet for 2005.



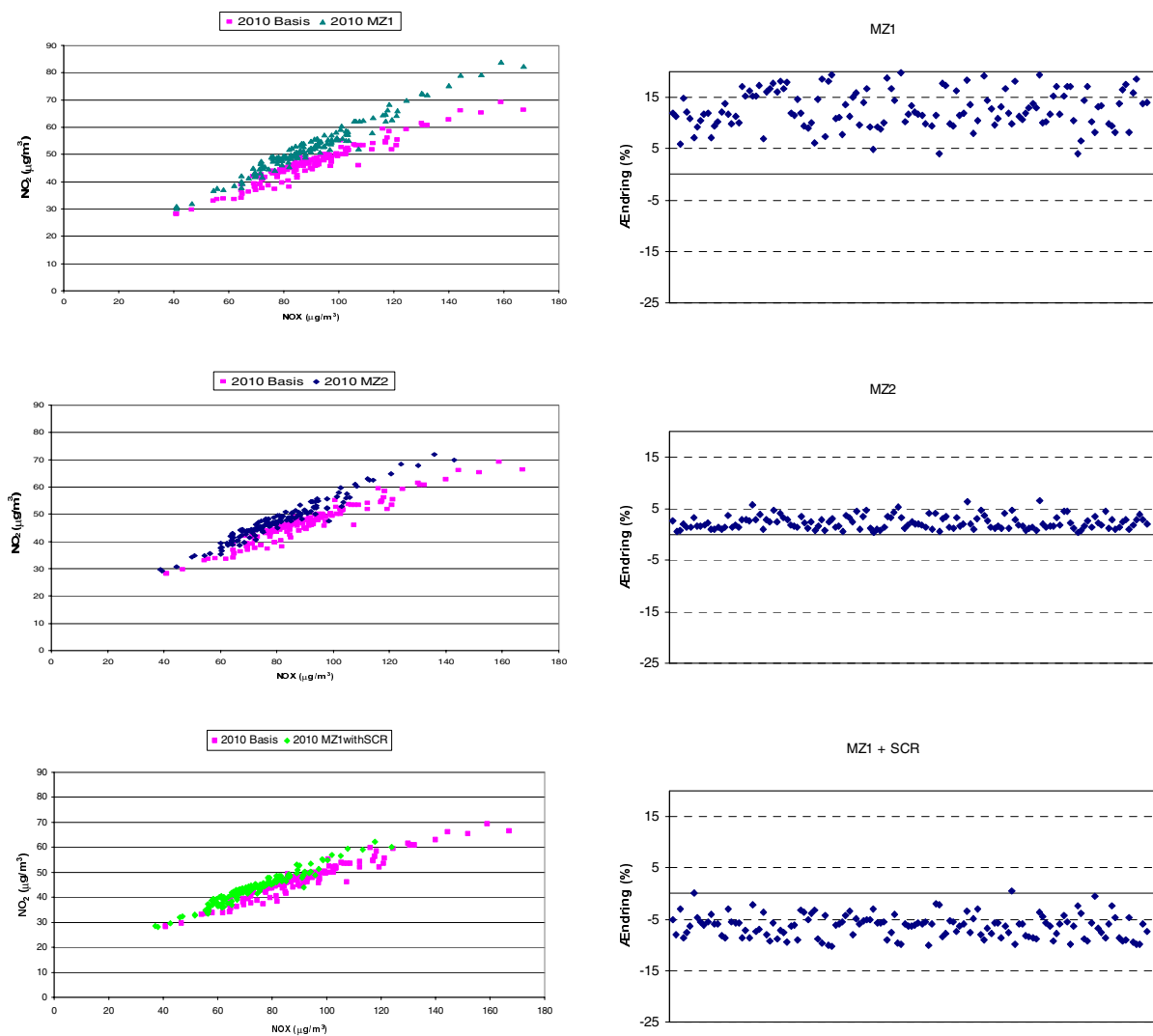
Figur 16. Gennemsnitlig emissionstæthed opdelt i køretøjskategorier for basisscenariet, alle scenarier for 2010 og max. scenarier for 2010 og 2015 for H.C. Andersens Boulevard.

Miljøzone scenarier

I MZ1 finder vi et større antal gadestrækninger med overskridelser af grænseværdien på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på grund af de større direkte udledninger af NO_2 fra tunge køretøjer. Stigningen i NO_2 koncentrationen er størst, hvor der er meget tung trafik. Som eksempler kan nævnes Lyngbyvej, H.C. Andersens Boulevard, Ågaden, Folehaven m.v. Den gennemsnitlige stigning i forhold til basisscenariet for 2010 er på ca. 13 %. Der er ingen ændringer i NO_x koncentrationen. Se Figur 17 og Tabel 3.

Dette antal overskridelser reduceres noget i MZ2 ved at de ældste lastbiler – op til og med EURO 2 – erstattes af EURO 5 lastbiler. Den gennemsnitlige stigning i forhold til basisscenariet for 2010 var på ca. 2 %. Der sker samtidigt en reduktion i NO_x koncentrationen som følge af erstatning af EURO 2 og ældre lastbiler (godt 50 %) med EURO 5 lastbiler. Se Figur 17 og Tabel 3.

MZ1 scenariet med montering af SCR katalysatorer reducerer antal overskridelser yderligere, men der er stadig overskridelser på mange gadestrækninger. Forbedringen er størst på de samme gadestrækninger som gav de største problemer under MZ1. Det gennemsnitlige fald i forhold til basisscenariet for 2010 var på ca. 6 %. Her reduceres NO_x koncentrationen som følge af SCR katalysatorer. Se Figur 17 og Tabel 3.



Figur 17. Beregnede årsgennemsnit af NO₂ og NO_x, koncentrationer (venstre kolonne) samt relative ændringer (%) i NO₂ koncentrationen i forhold til basisscenariet for 2010 på de 138 gadestrækninger i de tre miljøzonestenarier. Øverst MZ1, midt MZ2 og nederst MZ1 med SCR.

Specielle scenarier

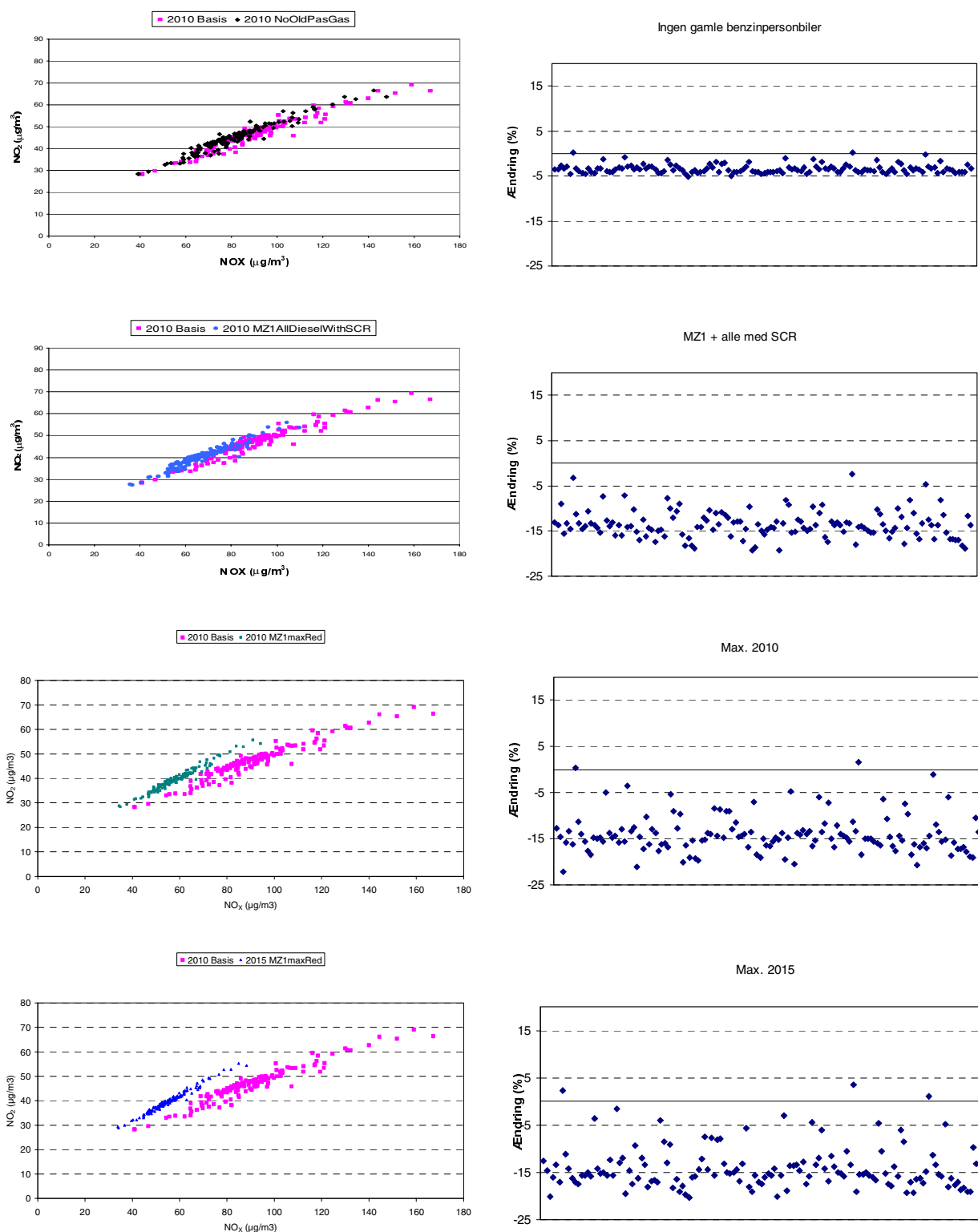
De gamle benzinpersonbiler – EURO 1 og ældre - har stor NO_x emission. Derfor er der regnet på et scenarium, hvor disse erstattes af nye EURO 5 biler. Det gennemsnitlige fald i forhold til basisscenariet for 2010 var på ca. 3 %. Vi får herved et signifikant fald i NO_x koncentrationen. Se Figur 18 og Tabel 3.

For at vurdere hvor meget der maksimalt kan opnås ved SCR katalysatorer har vi gennemført beregninger med SCR katalysatorer på alle dieslbiler op til og med EURO 3. Det reducerer antal gadestrækninger med overskridelser drastisk og det gennemsnitlige fald i koncentrationen er på ca. 13 % i forhold til basis scenariet. Vi får desuden et signifikant fald i NO_x koncentrationen. Se Figur 18 og Tabel 3.

Kombineres skrotning af de ældste benzinpersonbiler med montering af SCR katalysatorer på alle dieslbiler op til og med EURO 3 opnås et gen-

nemsnitligt fald på ca. 14 % i 2010. I 2015 er effekten af skrotning af gamle benzinpersonbiler meget lille, på grund af det lille antal.

I tabel 3 er givet en samlet oversigt over samtlige scenarier, som viser såvel antal gadestrækninger med overskridelser, som de beregnede NO_2 årsgennemsnit.



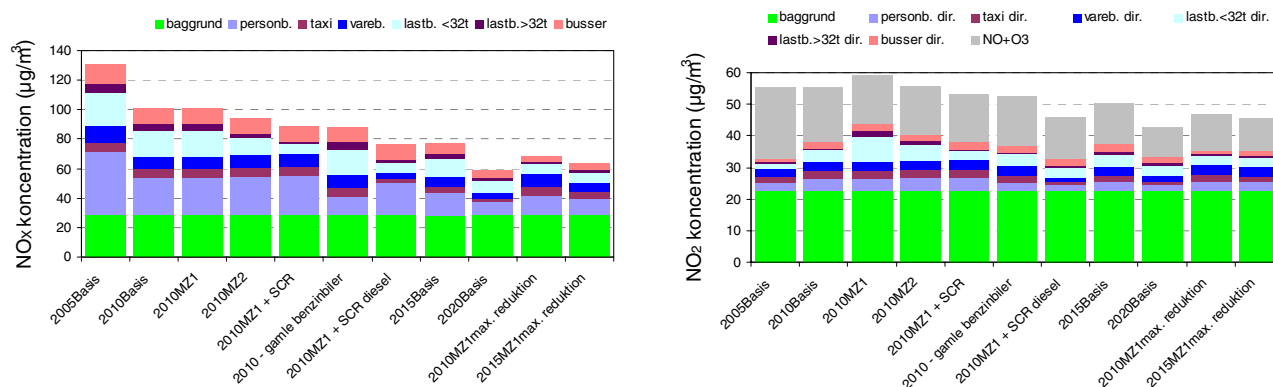
Figur 18. Beregnede årsgennemsnit af NO_2 og NO_x , koncentrationer (venstre kolonne) samt relative ændringer (%) i NO_2 koncentrationen i forhold til basisscenariet for 2010 på de 138 gadestrækninger i de tre miljøzonescenarier. Øverst skrotning af alle pre-EURO benzinpersonbiler og nederst SCR på alle dieselbiler.

Tabel 3. Årsgennemsnit af NO₂ (µg/m³) på hhv H.C. Andersens Boulevard, Jagtvej og gennemsnit af de 138 gadestrækninger i København for de forskellige scenarier.

Scenario	H.C. Andersens Boulevard	Jagtvej	Gennemsnit 138 gadestrækninger	Antal>40µg/m ³
2005Basis	55,29	49,58	45,18	112
2010Basis	55,27	49,18	46,63	115
2010MZ1	59,29	51,55	52,79	129
2010MZ2	55,75	49,39	47,70	120
2010MZ1withSCR	52,94	47,74	43,55	101
2010NoOldPasGas	52,39	46,70	44,99	112
2010MZ1AllDieselWithSCR	46,08	41,21	40,11	67
2010MZ1maxRed	46,79	43,50	39,81	55
2015Basis	50,51	44,97	44,22	108
2015MZ1maxRed	45,41	41,78	39,81	58
2020Basis	42,90	38,98	38,50	38

I figur 19 har vi for H.C. Andersens Boulevard beregnet bidragene fra de forskellige køretøjskategorier og for alle scenarier, hvilket er for NO_x og for den direkte emitterede andel af NO₂. For NO₂ kan vi ikke opdele den del af NO₂, der dannes ved oxidation med O₃. Sidstnævnte er vist som den grå del af søjlerne i figur 19.

Som nævnt er bybaggrunden for NO₂ på godt 20 µg/m³ antaget konstant. Ca. 10 µg/m³ af dette er landbaggrund (langtransport).



Figur 19. Beregnede årsgennemsnit af koncentrationerne af NO_x (til venstre) og NO₂ (til højre) på H.C. Andersens Boulevard i København i de forskellige scenarier. Bybaggrund (i grønt) er målte værdier på H.C. Ørsted Institutet i 2005. Den øvrige del af NO_x er opdelt efter køretøjskategorier. Tilsvarende er opdeling er lavet for den direkte emitterede NO₂. Den del af NO₂ (i gråt), der dannes ved oxidation med O₃ kan ikke opdeles efter køretøjskategorier.

7 Resumé og konklusioner

Dette projekt omhandler en vurdering af SCR-katalysatorer som et effektivt virkemiddel til overholdelse af EU's grænseværdi for NO₂. Det vurderes at grænseværdien for NO₂ på 40 µg/m³ som årgennemsnit (der skal overholdes alle steder i EU i 2010) ikke vil kunne overholdes uden yderligere tiltag, hverken i Danmark eller det øvrige EU (EU, 2006).

I de senere år er der observeret en stigning i NO₂ koncentrationen på stærkt trafikerede gadestrækninger. Der blev derfor foretaget en analyse af eksisterende målinger. Disse undersøgelser støtter antagelsen om at stigningen i NO₂ koncentrationen skyldes større direkte emission af NO₂, sandsynligvis på grund af flere moderne dieslbiler med oxiderende katalysator eller partikelfiltre. Den direkte emitterede NO₂ andel er fx på Jagtvej i København er i dagtimerne på hverdage vokset fra ca. 5 % i midten af 1990'erne til ca. 18 % i 2006. I weekend nætter fandt vi et bidrag fra den direkte emitterede andel på op til 40 %, hvilket skyldes, at trafikken på weekend nætter er helt domineret af taxier, der typisk er nye dieslbiler med oxiderende katalysatorer.

Den del af NO₂ som dannes ved oxidation med O₃ ændres praktisk taget ikke. Det skyldes at koncentrationen af O₃, der hidtil især har været den begrænsende faktor, har været næsten konstant over en længere årrække.

Endvidere blev der foretaget beregninger af effekten på NO₂ niveauet af en række forskellige tiltag. Scenarierne er følgende:

0. Basisscenarier for 2005, 2010, 2015 og 2020 uden yderligere tiltag.
1. Scenarieberegninger for 2010 svarende til miljøzoneforslaget for København. D.v.s. partikelfiltre på alle tunge køretøjer, der har EURO 3 motor eller ældre fra 2010 skal have monteret partikelfiltre (MZ1).
2. Miljøzoneforslaget (MZ1) som ovenfor, men med antagelsen om at 50 % af de ældre tunge køretøjer skiftes ud med nye (EURO 5) i stedet for at eftermontere filtre (MZ2).
3. Miljøzonescenariet (MZ1) som ovenfor, men med SCR katalysatorer på alle køretøjer der får monteret filtre (MZ1+SCR).
4. Erstatning af alle pre-EURO benzinpersonbiler erstattes (skrotning) af EURO 5 benzinpersonbiler i 2010.
5. Alle dieslbiler får monteret SCR katalysatorer i 2010.
6. En kombination af 3. og 4. i 2010 og SCR katalysatorer på busser.
7. En kombination af 3. og 4. i 2015 og SCR katalysatorer på busser.

Der er i alle tilfælde lavet beregninger for 138 meget trafikerede gade-strækninger i Hovedstadsområdet (København og Frederiksberg). Beregningerne for 2005, 2010, 2015 og 2020 har vist, at NO₂ koncentrationen med de tiltag der er vedtaget, fortsat vil stige frem til omkring 2010. Danmark vil derfor ikke kunne overholde grænseværdien på 40 µg/ m³ som årsgennemsnit i 2010 på gadestrækninger med meget trafik. Det vurderes, at der vil være 115 gadestrækninger med overskridelser ud af de 138 gadestrækninger. Også frem til 2020 vil der være overskridelser af grænseværdien.

MZ1: Indførelse af miljøzone i København vil give yderligere overskridelser af NO₂ grænseværdien på gadestrækninger i København, hvis der blot monteres partikelfiltre på de tunge køretøjer uden teknologier, som fører til lavere NO₂ emissioner. Det vurderes, at der vil være 129 gade-strækninger med overskridelser ud af de 138.

MZ2: Hvis en del, fx 50 %, af de tunge køretøjer, der skal have monteret partikelfiltre i stedet erstattes af ny køretøjer (EURO 5) vil det begrænse denne stigning noget. Det vurderes, at der vil være 120 gadestrækninger med overskridelser ud af de 138.

MZ1+SCR: Eftermonteres SCR katalysatorer samtidig med partikelfiltre i det første miljøzonescenarium reduceres antal overskridelser fra 129 til 101 gadestrækninger.

Skrotning af alle EURO 1 benzinpersonbiler eller ældre og erstatning med nye EURO 5 biler giver overskridelser på 105 gadestrækninger.

Udstyres alle dieslbiler med SCR katalysatorer vil antal gadestrækninger med overskridelse blive 67. Dette scenarium er dog næppe realistisk af tekniske og økonomiske grunde.

Kombinationen af skrotning de gamle benzinpersonbiler og SCR katalysatorer på alle dieslbiler der får monteret partikelfiltre vil give 55 og 58 gadestrækninger med overskridelse i henholdsvis 2010 og 2015.

Det ser således ud til at det ikke er muligt med de undersøgte tekniske løsninger at sikre overholdelse af NO₂ grænseværdien på 40 µg/ m³ i 2010. I alle beregninger har det bl.a. været forudsat, at trafikken vil være konstant frem til 2020, hvilket formentlig er en undervurdering, da vi allerede nu ser en stigning i trafikken. Stigningen vil formentlig ikke være så udtalt på de meget trafikerede gade, som har indgået i beregningerne, men vil snarere ske på nye og større veje (omfartsveje, motorveje etc.).

Endvidere var det forudsat, at andelen af dieselpersonbiler vil stige til omkring 25 %, hvilket formentlig også er en undervurdering, da der allerede er tegn på en yderligere stigning. Der har været skønt på helt op til 60-70 %, men det vil afhænge af en række faktorer, bl.a. afgifter på brændstof og biler. De gennemførte beregninger kan derfor være en undervurdering af NO₂ koncentrationen.

Endelig er det forudsat, at de direkte NO₂ andele, som er hentet fra litteraturen, er korrekte, hvilket imidlertid kan ændres væsentligt som følge af de anvendte teknologier. Specielt kan NO₂ andelen for de nyere tunge

køretøjer være overvurderet. De gennemførte beregninger kan derfor være en overvurdering af NO₂ koncentrationen.

Hvis den direkte NO₂ emission fra de tunge køretøjer er overvurderet, samtidig med at andelen af dieselpersonbiler er undervurderet, er effekten af at indføre krav om SCR-katalysatorer på tunge køretøjer i miljøzonerne (MZ1+SCR) overvurderet. I løbet af efteråret 2007 forventes det, at der foreligger mere sikre data om den direkte NO₂ emission fra specielt de nye tunge køretøjer.

Generelt vil udviklingen i NO₂ emissionen også afhænge af fremtidig lovgivning, afgifter m.v. Indtil videre har der kun været stillet krav om reduktion af NO_x og ikke til den direkte NO₂ emission.

8 Referencer

Berkowicz, R. (2000): OSPM - A parameterised street pollution model, Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 65, Issue 1/2, pp. 323-331.

Berkowicz, R., Palmgren, F., Jensen, S.S. & Brandt, J. (2004): Analyse af forhøjet NO₂ niveau i København og prognose for 2010. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 498: 34 s. (elektronisk).

EC (1999): Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. J. Europ. Commun. L163/41.

EU (2006) EU-workshopen: "The impact of direct emissions of NO₂ from road vehicles on NO₂ concentrations", Brussels, 19. September, 2006.

http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/cafe_baseline/library?l=cafe_ambient_quality

Gense, R., Weilenmann, M. & McCrae, L. (2006) Latest insights into direct NO₂ emission from road transport, the current state of knowledge. 2nd Conference Environment & Transport including the 15th conference Transport and Air Pollution, Reims, France. 12-14 June 2006.

Illerup, J.B., Nielsen, O.K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Gyldenkerne, S., Fauser, P. & Nielsen, M. 2006: Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE. Inventories from the base year of the protocols to year 2005. National Environmental Research Institute. - NERI Technical Report (in press).

Jensen, S.S., Ketzel, M., Berkowicz, R., Palmgren, F., Høj, J. & Krawack, S. (2005): Virkemidler til overholdelse af NO₂ grænseværdier for luftkvalitet i København. Miljøkontrollen, Københavns Kommune. 98 s.

Lambrecht, U. (2007) (Personlig kommunikation).

Lambrecht, U., Dünnebeil, F. and Höpfner, U. (2006) NO_x: Development of emissions and air quality. Causes for unexpected values of ambient concentrations of NO₂ Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg. Internet: www.ifeu.de. EU level workshop on The impact of direct emissions of NO₂ from road vehicles on NO₂ concentrations. Brussels, September 19th, 2006.

Miljøministeriet (2003): Bekendtgørelse om grænseværdier for luftens indhold af visse forurenende stoffer. Bekendtgørelse nr. 58 af 23. Januar 2003. (In Danish). Ministry of Environment; Copenhagen, Denmark.

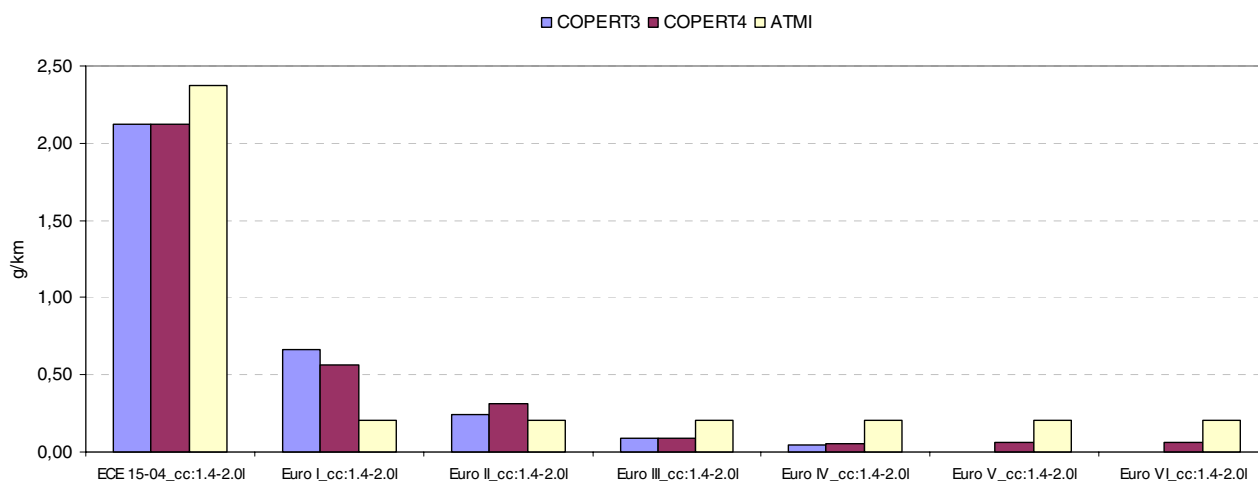
Palmgren Jensen, F., Berkowicz, R. & Fogh, C.L. 2005. Vurdering af konsekvenserne af indførelse af forskellige typer af miljøzoner i København 24 s. Sammenfatning | Hele rapporten i pdf format (657 kB).

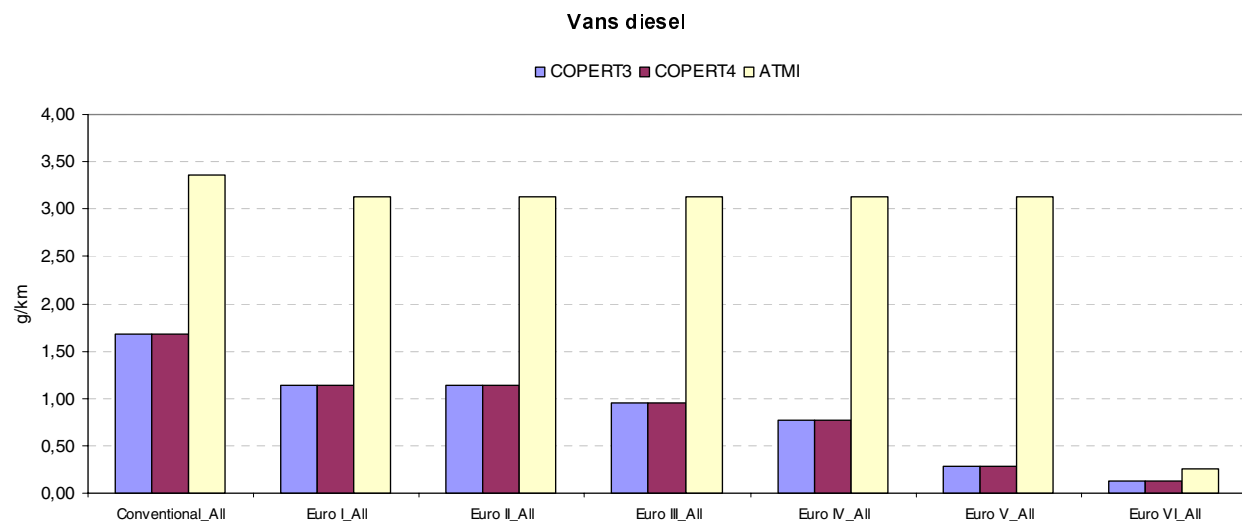
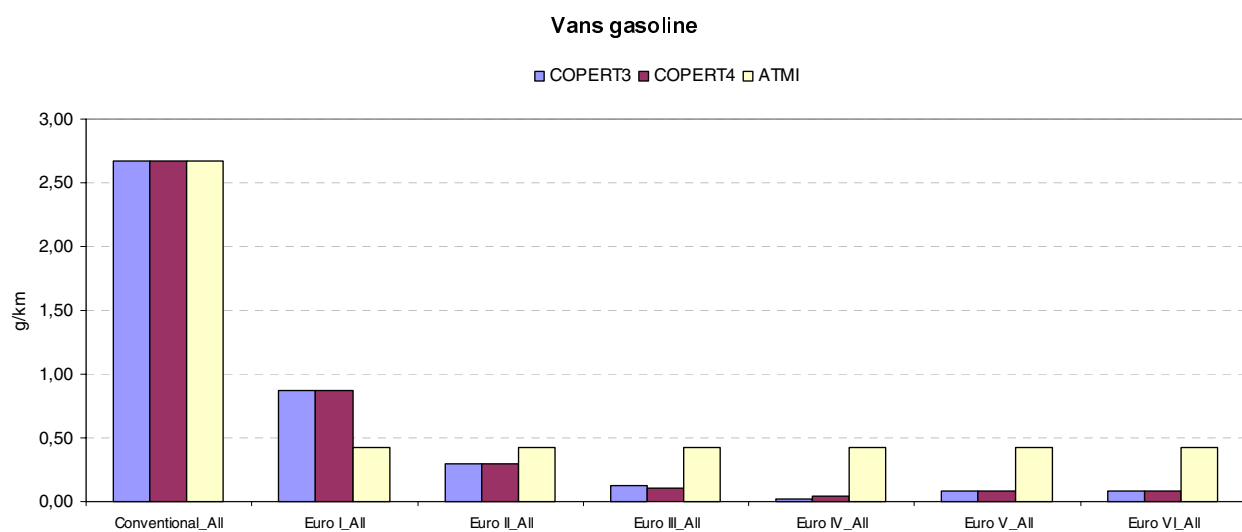
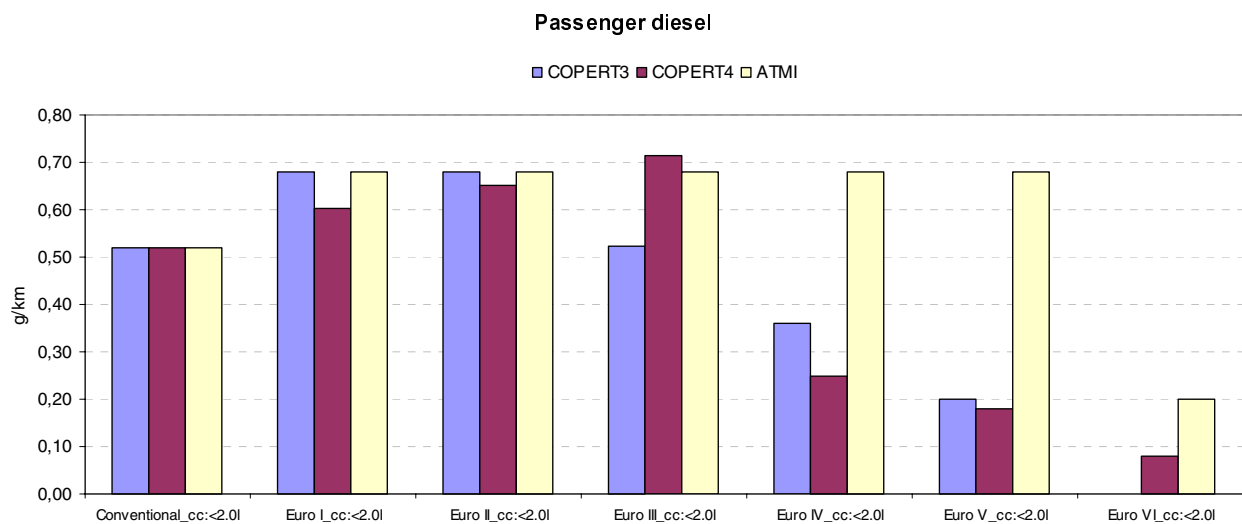
Appendiks

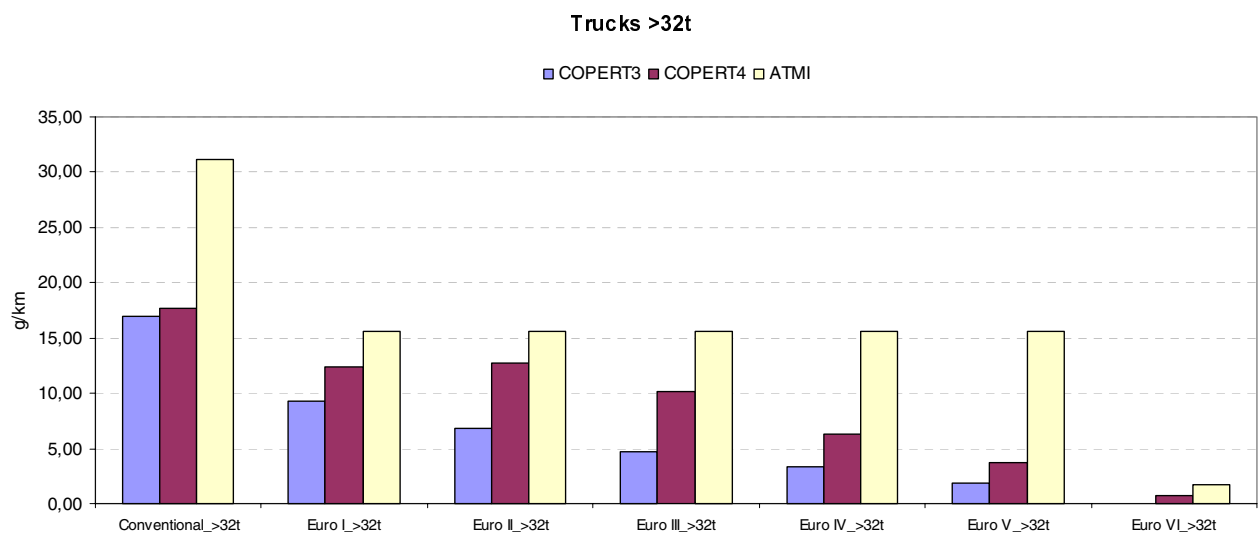
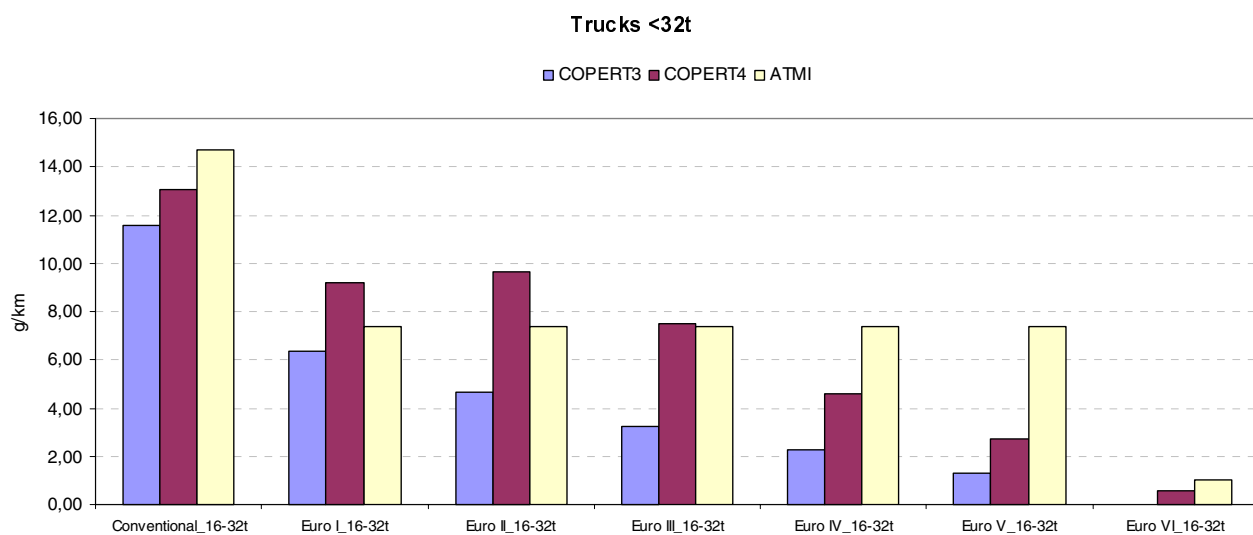
Anvendte NOx emissionsfaktorer. Cop4=hastighedsafhængige emissionsfunktioner fra COPERT 4, tal=emissionsnorm brugt som emissionsfaktor, "0.2*EuroV" = emissionfunktionen fra EuroV i COPERT4 blev reduceret med faktor 5

	Konventional	Euro I	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	Euro VI
Passenger petrol							
cc:<1.4l	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.06	0.06
cc:1.4-2.0l	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.06	0.06
cc:>2.0l	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.06	0.06
Passenger diesel							
cc:<2.0l	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.25	0.18	0.08
cc:>2.0l	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.25	0.18	0.08
Taxi							
All	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.28	0.125
Van petrol							
All	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.082	0.082
Van diesel							
All	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.28	0.125
Truck diesel							
3.5-7.5t	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.2*EuroV
7.5-16t	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.2*EuroV
16-32t	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.2*EuroV
>32t	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.2*EuroV
Buses diesel							
Urban Buses	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.2*EuroV
Coaches	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	Cop4	0.2*EuroV

Passenger gasoline

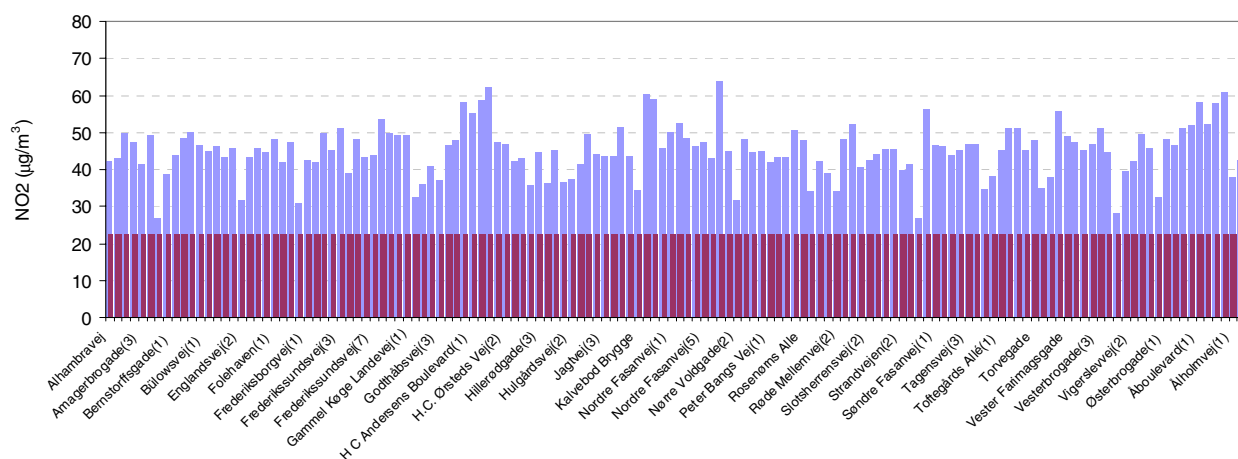




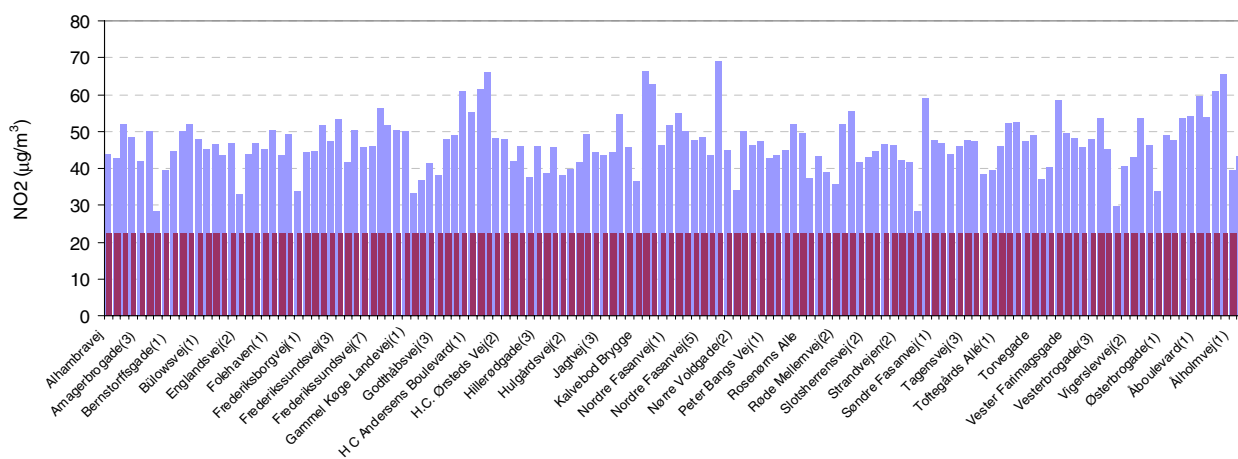


Emissionsfaktorer svarende til 40 km/time som bestemmes ud fra COPERT 3, COPERT 4 og DMU/ATMI's tidligere vurderinger.

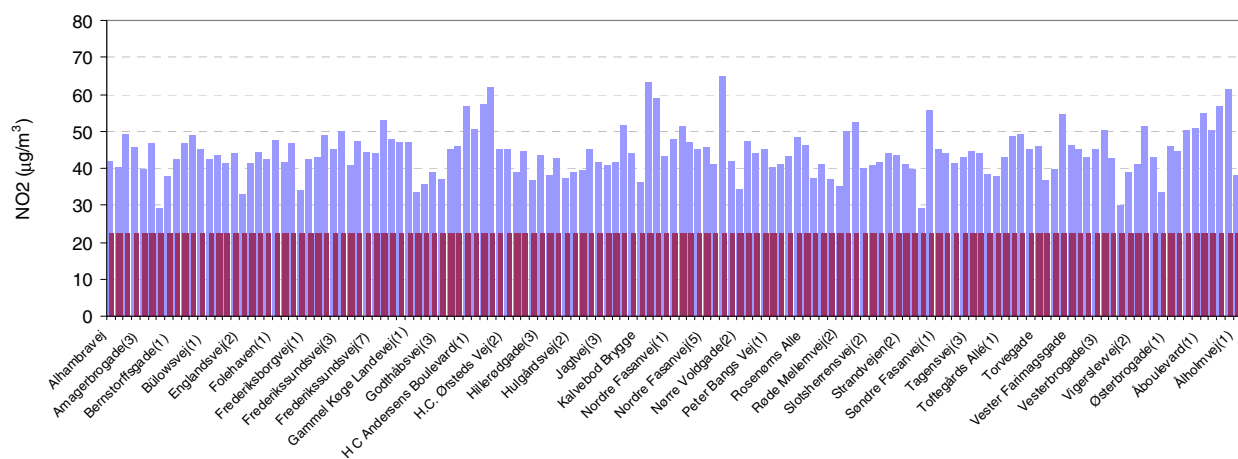
Basis 2005



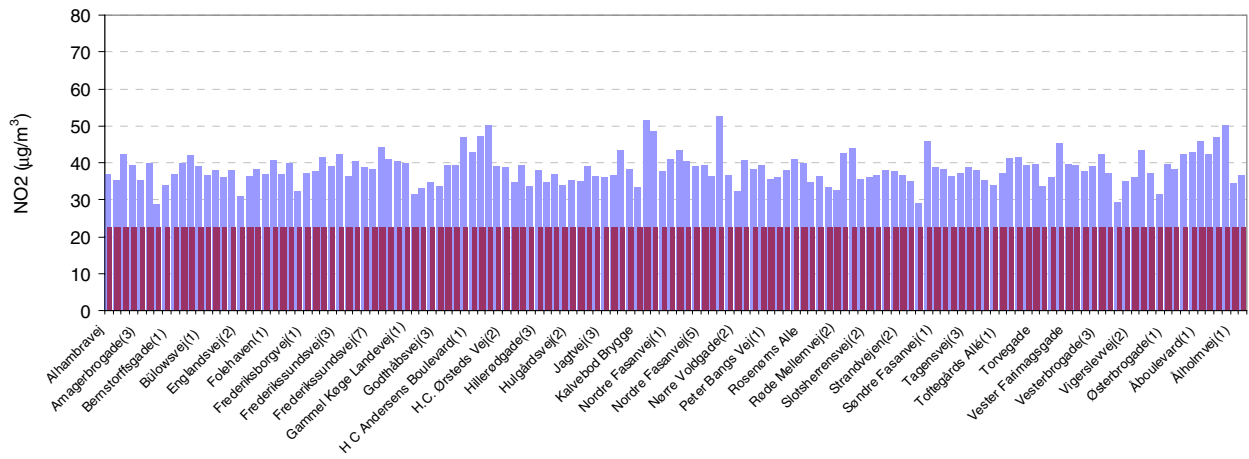
Basis 2010



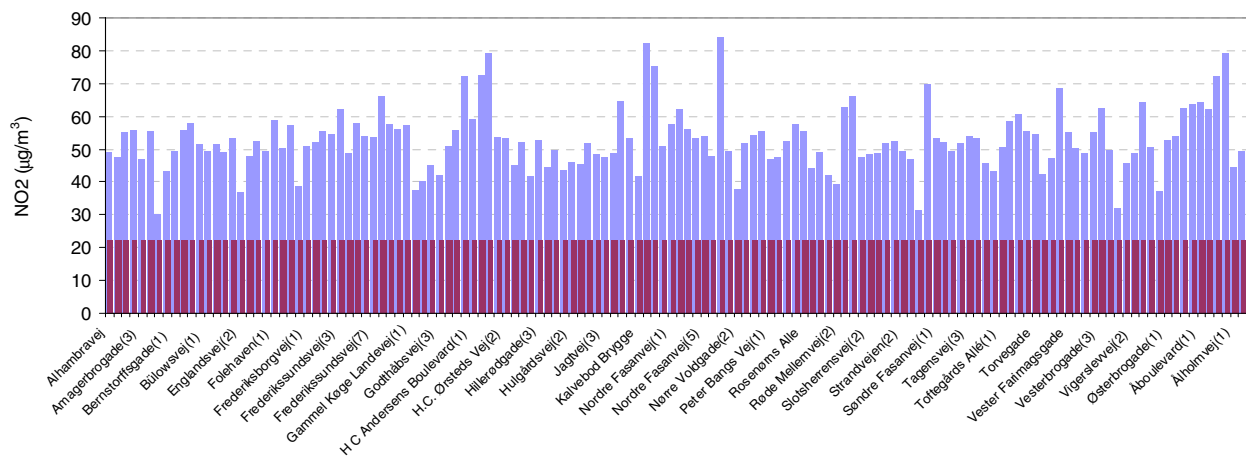
Basis 2015



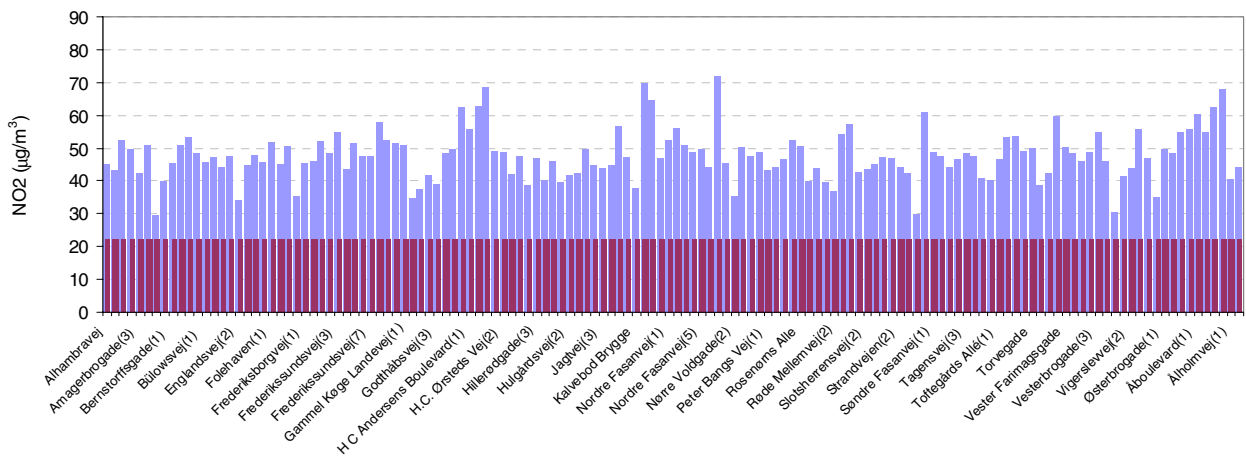
Basis 2020



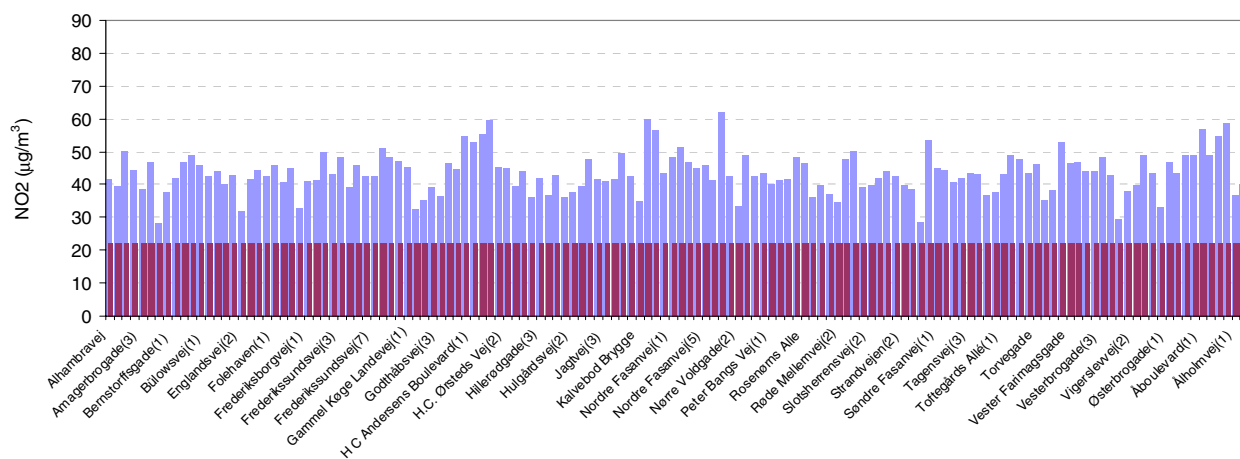
MZ1 2010



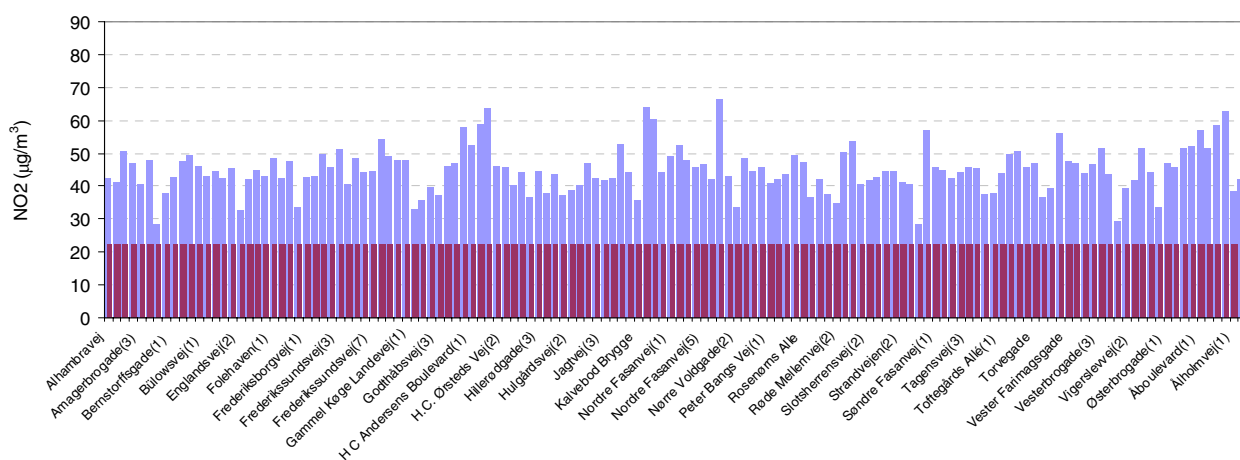
MZ2 2010



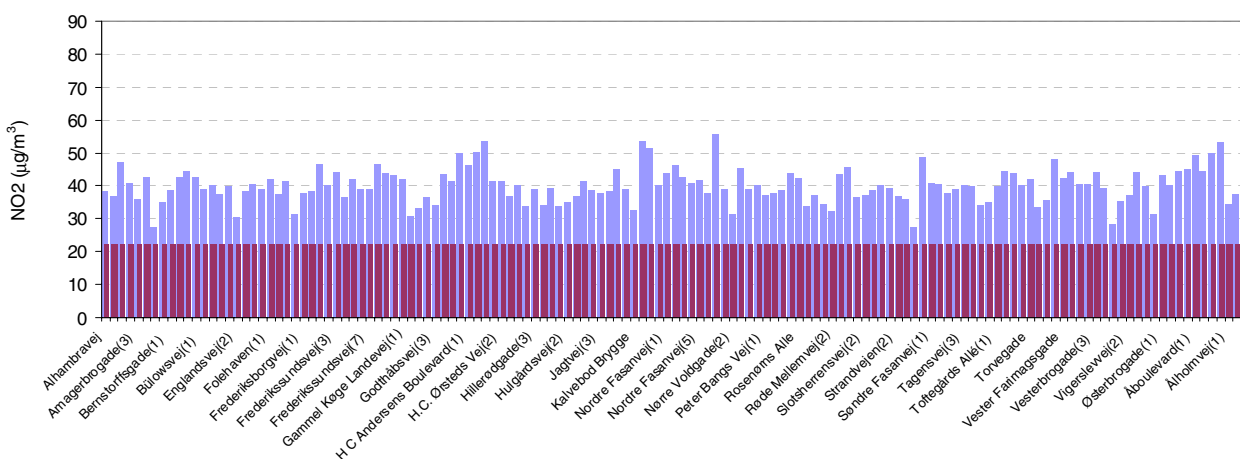
MZ1withSCR 2010



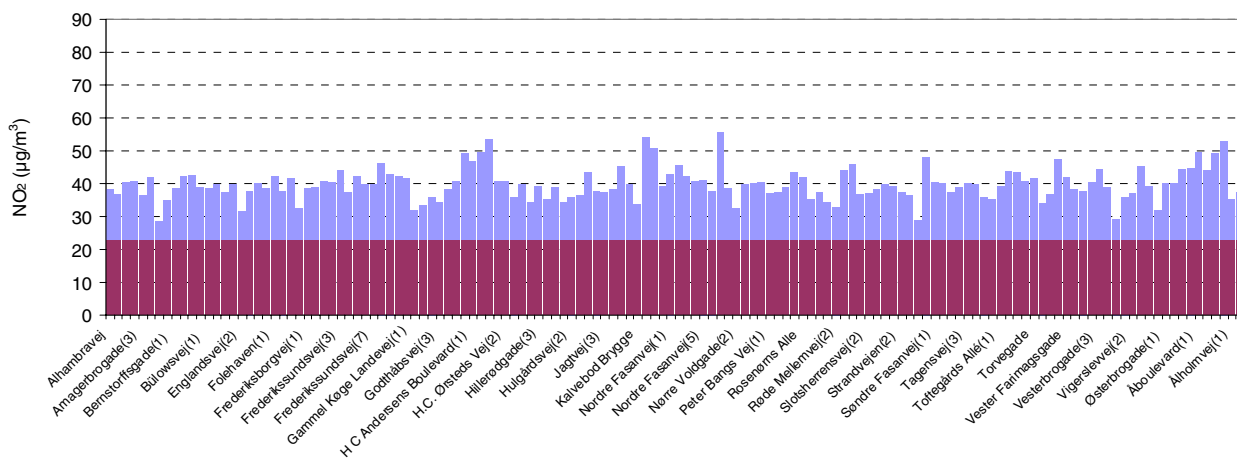
NoOldPas 2010



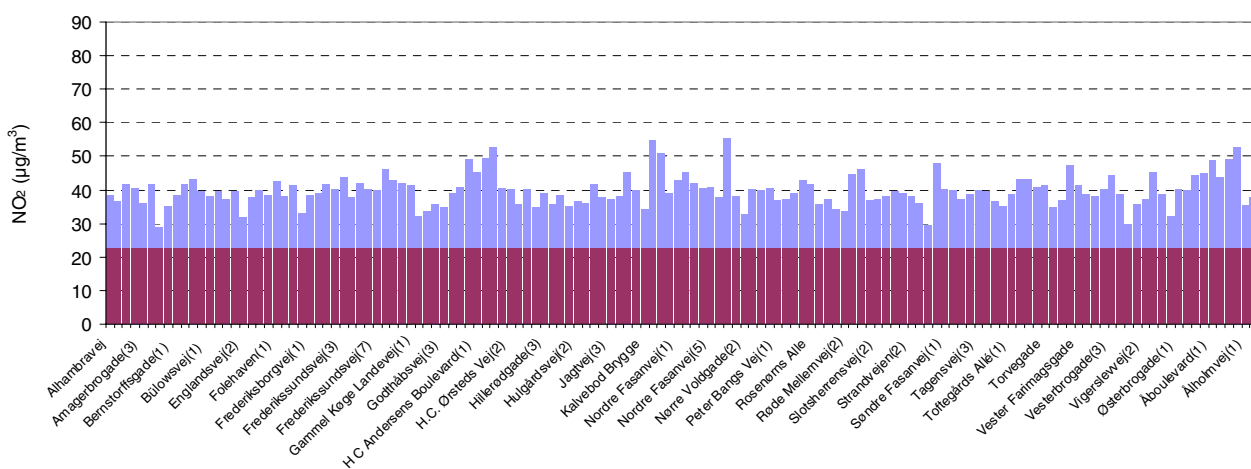
MZ1AllDieselWithSCR 2010



MZ1 max Red 2010



MZ1 max Red 2015



Samtlige NO₂ scenarier for de 138 gader i København.

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet.	På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.	Her kan du også finde en database over alle DMU's udgivelser fx videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 4000 Roskilde Tlf.: 4630 1200 Fax: 4630 1114	Direktion Personale- og Økonomisekretariat Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Systemanalyse Afdeling for Atmosfærisk Miljø Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi Afdeling for Arktisk Miljø
Danmarks Miljøundersøgelser Vejlsovej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf.: 8920 1400 Fax: 8920 1414	Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Terrestrisk Økologi Afdeling for Ferskvandsøkologi
Danmarks Miljøundersøgelser Grenåvej 14, Kalø 8410 Rønde Tlf.: 8920 1700 Fax: 8920 1514	Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No. 2007

- 613 PAH i muslinger fra indre danske farvande, 1998-2005. Niveauer, udvikling over tid og vurdering af mulige kilder. Af Hansen, A.B. 70 s.
- 612 Recipientundersøgelse ved grønlandske lossepladser. Af Asmun, G. 110 s.
- 611 Projection of Greenhouse Gas Emissions – 2005-2030. By Illerup, J.B. et al. 187 pp.
- 610 Modellering af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning. Af Sørensen, P.B. et al. 41 s.
- 609 OML : Review of a model formulation. By Rørdam, H., Berkowicz, R. & Løfstrøm, P. 128 pp.
- 608 PFAS og organotinforbindelser i punktkilder og det akvatiske miljø. NOVANA screeningsundersøgelse. Af Strand, J. et al. 49 s.

Nr./No. 2006

- 607 Miljøtilstand og udvikling i Viborgsøerne 1985-2005. Af Johansson, L.S. et al. 55 s.
- 606 Landsdækkende optælling af vandfugle, januar og februar 2004. Af Petersen, I.K. et al. 75 s.
- 605 Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 2005. Af Johansen, P. et al. 101 s.
- 604 Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE. Inventories from the base year of the protocols to year 2004. By Illerup, J.B. et al. 715 pp.
- 603 Analysing and synthesising European legislation in relation to water. A watersketch Report under WP1. By Frederiksen, P. & Maenpaaa, M. 96 pp.
- 602 Dioxin Air Emission Inventory 1990-2004. By Henriksen, T.C., Illerup, J.B. & Nielsen, O.-K. 88 pp.
- 601 Atmosfærisk kvælstofbelastning af udvalgte naturområder i Frederiksborg Amt. Af Geels, C. et al. 67 s.
- 600 Assessing Potential Causes for the Population Decline of European Brown Hare in the Agricultural Landscape of Europe – a review of the current knowledge. By Olesen, C.R. & Asferg, T. 30 pp.
- 599 Beregning af naturtilstand ved brug af simple indikatorer. Af Fredshavn, J.R. & Ejrnæs, R. 93 s.
- 598 Klimabetingede effekter på marine økosystemer. Af Hansen, J.L.S. & Bendtsen, J. 50 s.
- 597 Vandmiljø og Natur 2005. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Boutrup, S. et al. 50 s.
- 596 Terrestriske Naturtyper 2005. NOVANA. Af Bruus, M. et al. 99 s.
- 595 Atmosfærisk deposition 2005. NOVANA. Af Ellermann, T. et al. 64 s.
- 594 Landovervågningsoplande 2005. NOVANA. Af Grant, R. et al. 114 s.
- 593 Smådyrfaunaens passage ved dambrugsspærringer. Af Skriver, J. & Friberg, N. 33 s.
- 592 Modelling Cost-Efficient Reduction of Nutrient Loads to the Baltic Sea. Model Specification Data, and Cost-Fynctions. By Schou, J.S. et al. 67 pp.
- 591 Økonomiske konsekvenser for landbruget ved ændring af miljøgodkendelsen af husdyrbrug. Rapport fra økonomiudredningsgruppen. Af Schou, J.S. & Martinsen, L. 55 s.
- 590 Fysisk kvalitet i vandløb. Test af to danske indices og udvikling af et nationalt indeks til brug ved overvågning i vandløb. Af Pedersen, M.L. et al. 44 s.
- 589 Denmark's National Inventory Report – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1990-2004. Emission Inventories. By Illerup, J.B. et al. 554 pp.
- 588 Agerhøns i jagtsæsonen 2003/04 – en spørgebrevsundersøgelse vedrørende forekomst, udsætning, afskydning og biotoppleje. Af Asferg, T., Odderskær, P. & Berthelsen, J.P. 47 s.
- 587 Målinger af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning. Af Andersen, H.V. et al. 96 s.
- 586 Vurdering af de samfundsøkonomiske konsekvenser af Kommissionens temastrategi for luftforurening. Af Bach, H. et al. 88 s.
- 585 Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet. Tilstand og udvikling, 1998-2003. Af Boutrup, S. et al. 140 s.
- 584 The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2005. By Kemp, K. et al. 40 pp.

Det forventes, at det vil være vanskeligt at overholde den af EU fastsatte grænseværdi for NO₂ i 2010 i stærkt trafikerede gader i Danmark og i hele Europa. Der er derfor gennemført en analyse af den forventede udvikling i NO₂ niveauet i 138 gadestrækninger med stærk trafik i hovedstadsområdet. Tidligere emitterede bilerne typisk 5-10% af NO_x som NO₂, og NO₂ niveauet på trafikerede gader var især bestemt af O₃ niveauet, som giver anledning til oxidation af NO til NO₂. Til trods for strengere krav til NO_x emissionen fra nye biler, forventes en stigning i NO₂ niveauet, fordi nye dieslbiler og dieslbiler med filtre emitterer forholdsvis mere NO₂ direkte, op til 40-50% for nye dieslbiler med oxiderende katalysatorer. Der er gennemført analyse af eksisterende måledata og gennemført scenarieberegninger frem til 2020, specielt i relation til planerne for indførelse af miljøzoner, der kræver partikelfiltre på tunge køretøjer, der fører til større andel af direkte emitteret NO₂. Endvidere er effekten af SCR katalysatorer vurderet.