

# Dalende NO<sub>x</sub> emissies - stagnerende NO<sub>2</sub> concentraties in stedelijke omgeving : wat is er aan de hand ?

Frans Fierens  
IRCEL-VMM, april 2008

## 1. Inleiding

De daling van de stikstofoxide (NO<sub>x</sub>) emissies de laatste jaren weerspiegelt zich niet in de zelfde mate in een daling van de stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) concentraties in de buitenlucht. In stedelijke meetstations dalen de NO<sub>2</sub> concentraties sinds midden de jaren 90 niet meer. Er is eerder sprake van een stagnatie van de concentraties en de laatste jaren wordt zelfs een lichte stijging genoteerd. Dit wordt niet alleen in België vastgesteld maar ook in andere Europese steden (oa. Londen, Berlijn)

Ook het aantal en de intensiteit van de *piek*concentraties stijgt. Tijdens de smogepisode in februari 2008 werden in Antwerpen en Brussel uurgemiddelde concentraties gemeten van bijna 350 µg/m<sup>3</sup>. Dit waren de hoogste concentraties de laatste 20 jaar.

In dit document wordt gezocht naar verklaringen voor bovenstaande bevindingen.

## 2. EU grenswaarden

In de EU dochterrichtlijn 1999/30/EG worden voor de bescherming van de volksgezondheid twee grenswaarden gedefinieerd voor NO<sub>2</sub> :

1. een uurgrenswaarde van 200 µg/m<sup>3</sup> die nog maximaal 18 uur/jaar mag overschreden worden.
2. een jaargrenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup>

beide grenswaarden dienen gerespecteerd te worden vanaf 1 januari 2010. In de nieuwe EU richtlijn blijven deze grenswaarden gelden, maar wordt uitstelmogelijkheid voorzien van maximum 5 jaar tot 1 januari 2015.

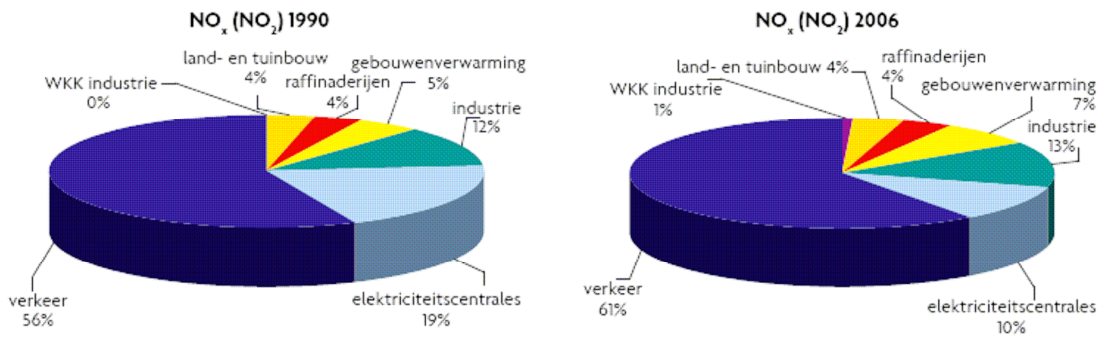
De uurgrenswaarde wordt in alle meetplaatsen in België gerespecteerd. De toekomstige jaargrenswaarde wordt nu overschreden in een aantal meetstations in de Antwerpse haven en in meetstations in de binnensteden van de agglomeraties Antwerpen en Brussel.

## 3. Beschrijving en bronnen

Stikstofoxiden (NO en NO<sub>2</sub>) ontstaan bij de oxidatie van luchtstikstof (N<sub>2</sub>) in verbrandingsprocessen bij hoge temperaturen. In eerste instantie wordt hierbij vooral NO (stikstofmonoxide) gevormd. NO heeft een korte levensduur in de atmosfeer (enkele minuten). Het wordt omgezet tot NO<sub>2</sub> door reacties met zuurstof en ozon. NO<sub>2</sub> heeft een langere levensduur in de atmosfeer (uren – enkele dagen). NO<sub>2</sub> is een ozonprecursor. Het verdwijnt uit de atmosfeer door droge en natte depositie (na omzetting in goed wateroplosbaar salpeterzuur en nitraten). NO<sub>2</sub> kan via de omzetting naar nitraat ook "secundaire anorganische aerosolen" (fijn stof) vormen.

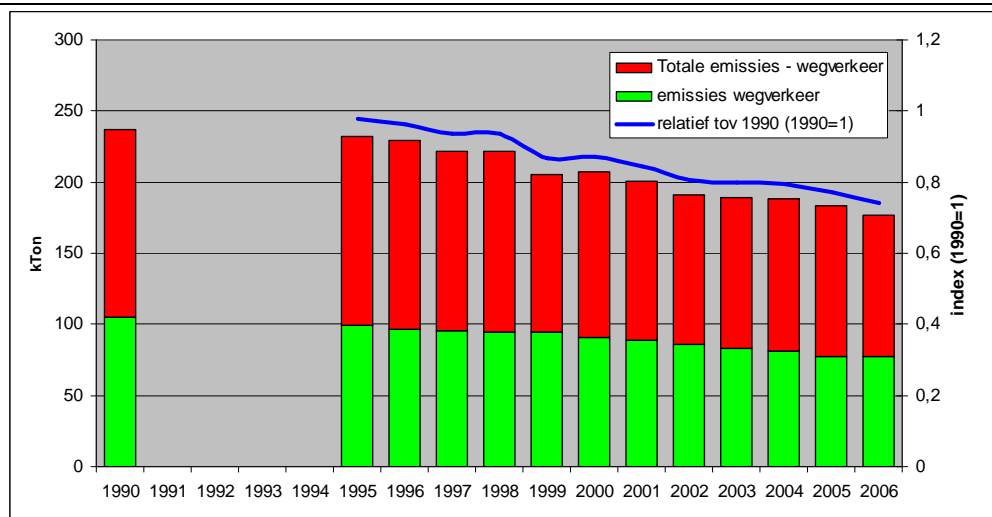
NO<sub>2</sub> is een oxiderend gas dat irritatie van de luchtwegen kan veroorzaken. NO is weinig schadelijk voor de gezondheid.

De belangrijkste bron in Vlaanderen van stikstofoxiden zijn het verkeer (wegverkeer + scheepvaart + luchtvaart), daarna volgen de industrie, elektriciteitscentrales, gebouwverwarming (zie figuur 1). Het relatief aandeel van het verkeer is in 2006 met 5% toegenomen tov 1990 door de toename van de emissies van de zeescheepvaart.

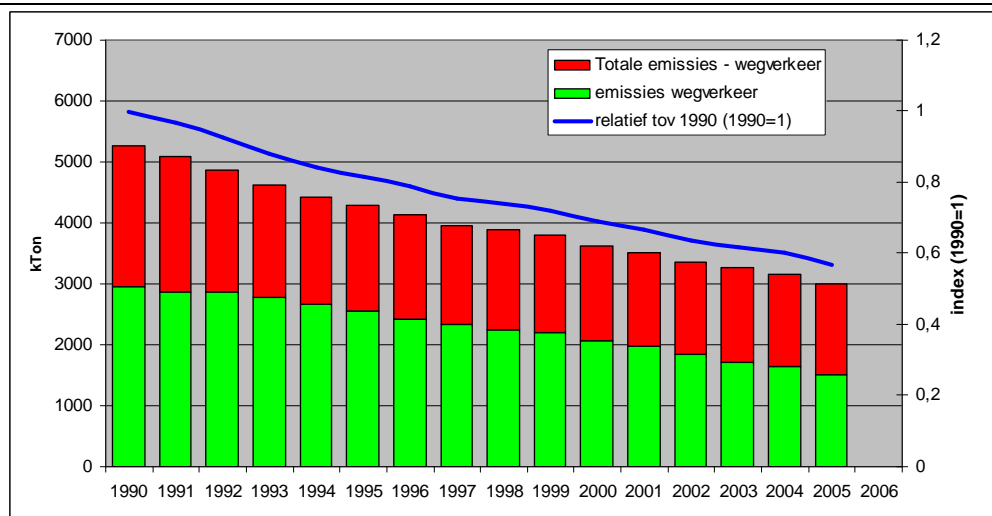


figuur 1 : aandeel van de verschillende sectoren in de emissies van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>)  
bron : VMM, rapport lozingen in de lucht 1990-2006

#### 4. Emissies van NO<sub>x</sub> in Vlaanderen en de buurlanden (FR, NL en DE).



figuur 2. Evolutie NO<sub>x</sub> emissies in Vlaanderen, 1990-2006  
bron : MIRA, kernset Milieudata 2008

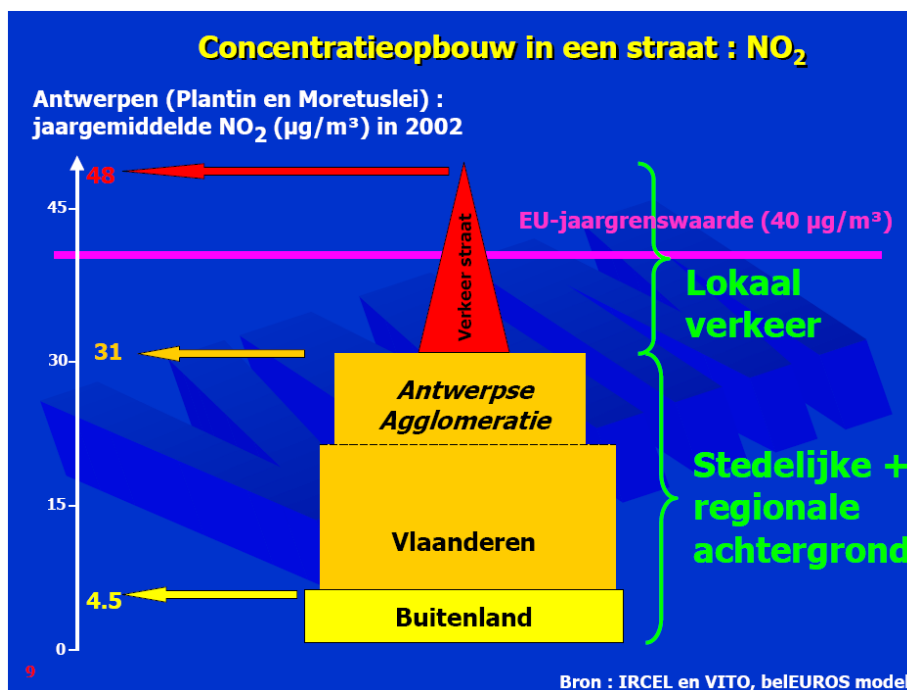


figuur 3. Evolutie NO<sub>x</sub> emissies in buurlanden (NL, DE en FR), 1990-2005  
bron : EMEP, webdab

In de figuren 2 en 3 wordt het verloop van de NO<sub>x</sub> emissies tussen 1990 en 2006 weergegeven voor respectievelijk Vlaanderen en de som van de buurlanden Frankrijk, Nederland en Duitsland. In 2005 waren de NO<sub>x</sub> emissies in Vlaanderen met ongeveer 25% gedaald tov 1990. De emissiesdaling in onze buurlanden bedroeg in dezelfde periode ongeveer 45% (Nederland 39%, Frankrijk 35% en Duitsland, na de éénmaking, 50%). Het relatief aandeel van de NO<sub>x</sub> emissies van het wegverkeer in Vlaanderen is ongeveer 44%. Dit relatieve aandeel blijft laatste jaren constant.

De daling van de Vlaamse NO<sub>x</sub> emissies met 25% in 2005 tov 1990 wordt teruggevonden in de daling met ongeveer dezelfde grootte orde van de NO<sub>x</sub> concentraties in stedelijke meetstations in Vlaanderen en Brussel (zie figuur 5).

In een stedelijke omgeving zijn het voornamelijk de lokale NO<sub>x</sub> emissies die de concentraties bepalen. Dit wordt geïllustreerd in figuur 4. In deze figuur wordt de concentratieopbouw getoond in een meetstation in een drukke verkeersstraat in Antwerpen (berekend met het belEUROS model). Ongeveer 1/3 van de concentraties wordt bepaald door lokale emissies (van voornamelijk het verkeer) in de straat. Dit betekent dat wijzigingen in de uitlaatemissies van het wegverkeer een belangrijke impact kunnen hebben op de NO<sub>2</sub> concentraties in stedelijke verkeersrijke zones. Het aandeel van de buitenlandse emissies in de NO<sub>2</sub> concentraties in stedelijke gebieden in Vlaanderen is klein (ongeveer 15 % voor stedelijke achtergrondgebieden in de Antwerpse agglomeratie)

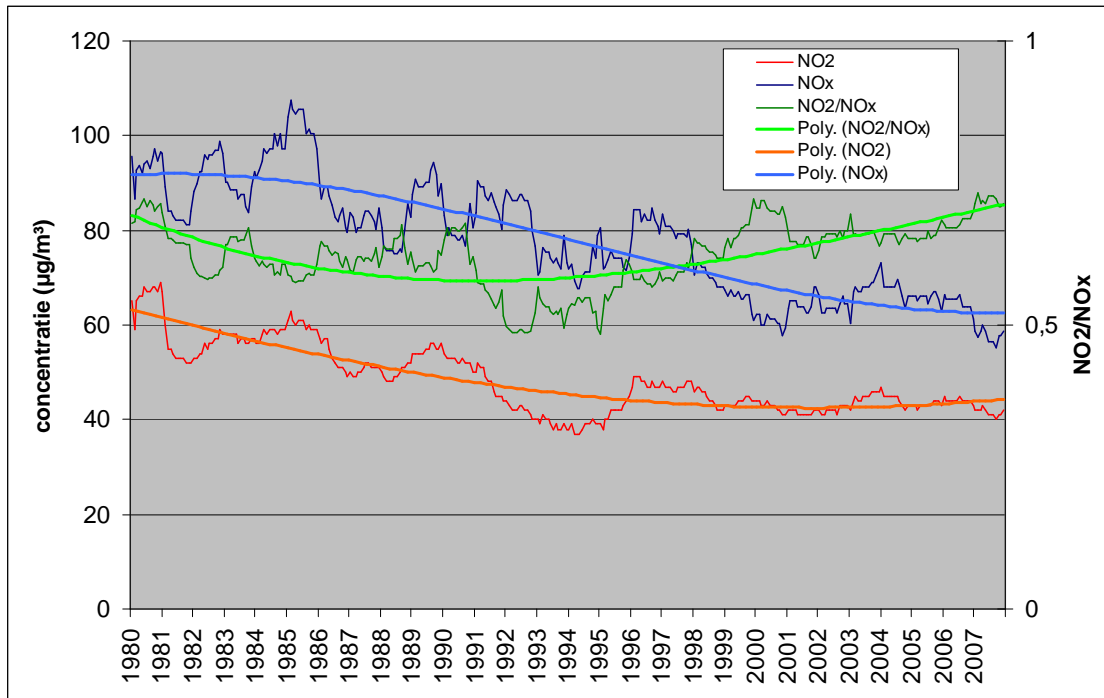


figuur 4. Opbouw van de NO<sub>2</sub> concentraties in een straat (Antwerpen)  
bron : IRCEL en VITO, belEUROS model

## 5. NO<sub>x</sub> en NO<sub>2</sub> concentraties in stedelijke meetstations

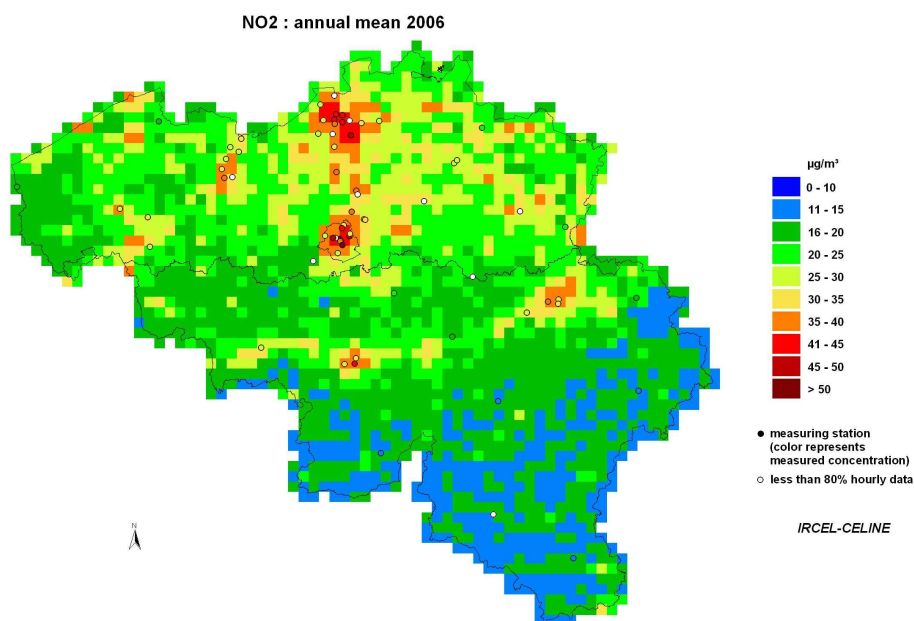
In figuur 5 wordt het verloop van de NO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> concentraties getoond tussen 1980 en 2007. De concentraties zijn “glijdende 12 maandgemiddelden”<sup>1</sup> waarbij de metingen van 3 stedelijke meetstations (Brussel, Antwerpen en Gent) gebruikt werden. De verhouding (NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>) wordt eveneens (rechter as) getoond. De trendlijnen zijn 3de graadspolynomen. Uit deze figuur blijkt dat de NO<sub>2</sub> concentraties tot midden de jaren 90 dalen. Daarna is er een stagnatie en is zelfs een licht stijgende trend waarneembaar. De NO<sub>x</sub> concentraties, dit is de molaire som van de stikstofmonoxide (NO) en NO<sub>2</sub> concentraties, blijven dalen, alhoewel ook hier de daling de laatste jaren minder uitgesproken is. Opvallend is dat de verhouding NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (groene lijn) sinds het begin van de jaren 90 een stijgende trend vertoont.

<sup>1</sup>Een “glijdend” 12-maand gemiddelde is het gemiddelde berekend over een periode van 12 maanden waarbij telkens één maand wordt opgeschoven.



figuur 5 : verloop van de NO<sub>2</sub> (rode lijn) en NO<sub>x</sub> (blauwe lijn) concentraties in stedelijke meetstations tussen 1980 en 2007. bron: IRCEL, intergewestelijke databank lucht.

De hoogste NO<sub>2</sub> concentraties worden gemeten in de grote agglomeraties (Brussel en Antwerpen) en de haven van Antwerpen (zie figuur 6). Hierbij moet opgemerkt worden dat de concentraties in figuur 6 de gemiddelde concentraties zijn in een gebied van 4x4km. Omdat lokale emissiebronnen (zie 2) in belangrijke mate de NO<sub>2</sub> concentratieniveaus bepalen, zullen de concentraties op plaatsen met veel verkeer (bijvoorbeeld langs drukke verkeerswegen) gevoelig hoger zijn dan in deze 4x4 km kaart wordt getoond.



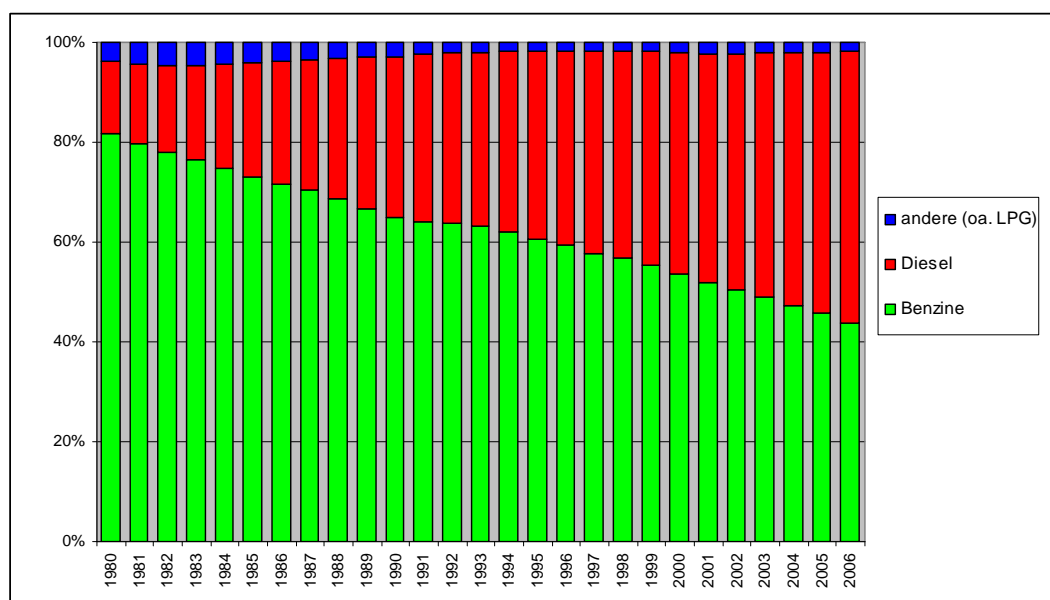
figuur 6 : geïnterpoleerde jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie (België, 2006)  
bron : IRCEL, RIO-c interpolatiemodel

## 6. verklaringen

In deze paragraaf wordt gezocht naar verklaringen voor de bovenstaande bevindingen.

### a. Verdieselijking van het wagenpark

De laatste jaren worden in België meer en meer dieselwagens verkocht. 70 tot 80 % van de *nieuwe* wagens die in omloop komen zijn dieselwagens. Het relatieve aandeel van dieselwagens in het totale wagenpark is in 25 jaar sterk toegenomen. In 2006 bestond meer dan de helft van het wagenpark in België uit dieselwagens (zie figuur 7)



figuur 7. Relatief aandeel van benzine- en dieselwagens in België

bron : Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie, FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie

Dieselwagens stoten meer NO<sub>x</sub> uit dan benzine wagens (zie tabel 1), bovendien is de NO<sub>x</sub> uitstoot van de nieuwste EURO-4 dieselwagens in realistische rijomstandigheden niet veel lager dan EURO-1 wagens (zie CADC in figuur 8). Een toename van het dieselwagenpark zal een mogelijke daling van de uitstoot van de NO<sub>x</sub> emissies door het wegverkeer vertragen. Door het dalende aantal nieuw verkochte benzine wagens veroudert het benzine wagenpark waardoor de NO<sub>x</sub> emissiedaling van het Belgische wagenpark verder wordt vertraagd.

EURO <sup>2</sup> norm voor passagiersvoertuigen	Diesel NO <sub>x</sub> (mg/km)	Benzine NO <sub>x</sub> (mg/km)
1	873	436,5
2	630	225
3	500	150
4	200	80
5	180	80
6	80	60

Tabel 1 : EURO normen voor personenwagens

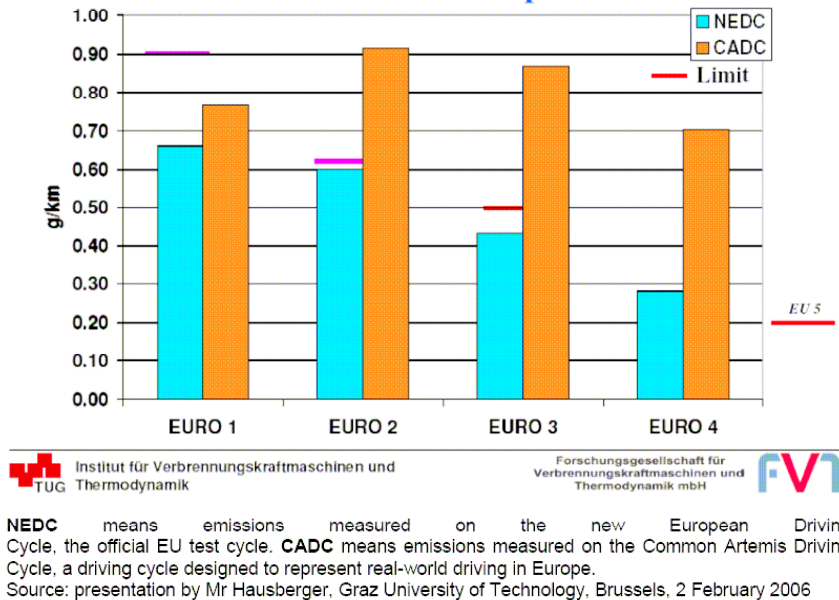
Volgens de EURO normering zou een EURO-4 (diesel) voertuig dus 4x minder NO<sub>x</sub> uitstoten per km in vergelijking met een EURO-1 wagen. In de praktijk blijkt dit echter niet het geval. De EURO normen worden immers gemeten volgens een aantal vastgelegde testcycli. Deze cycli zijn echter niet altijd representatief voor de uitstoot in realistische rijomstandigheden. Dit wordt geïllustreerd in figuur 8. In

<sup>2</sup> Sinds 1992 worden aan personen- en vrachtwagens emissienormen ("EURO" normen) opgelegd. In deze tabel worden de emissienormen voor NO<sub>x</sub> weergegeven. De EURO-5 en 6 norm gelden respectievelijk vanaf 2009 (2011) en 2014.

deze figuur wordt de uitstoot van een dieselwagen volgens de "NECD" ("New European Driving Cycle") vergeleken met realistische rijomstandigheden ("CADC" cyclus). Hieruit blijkt dat :

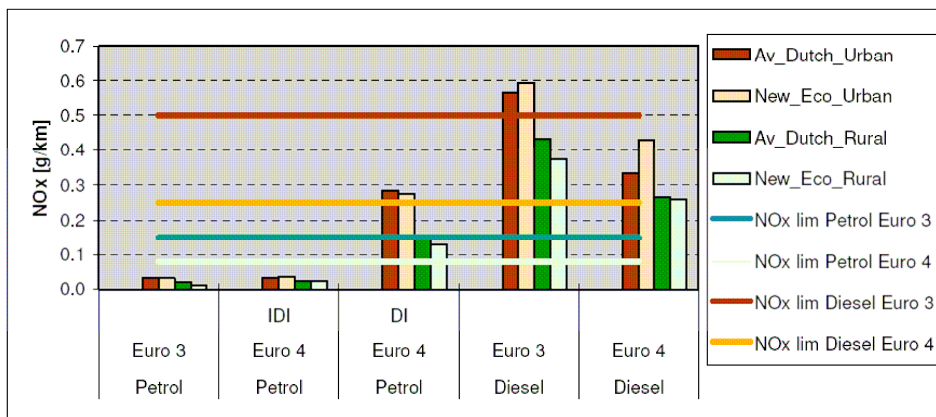
1. de NOx emissies hoger zijn dan wat volgens de EURO normen verwacht wordt.
2. de vermindering in realistische NOx emissies voor nieuwere (dieselvoertuigen) minder uitgesproken is dan verwacht volgens de nieuwe EURO-normen. EURO-2 of -3 wagens zouden zelfs iets meer NOx uitstoten dan EURO-1 wagens.

### How have specific NOx emissions of diesel passenger cars evolved in the past?



figuur 8 : Evolutie van NOx emissies voor dieselvoertuigen  
bron : Hausberger, 2006

Dit blijkt ook uit een Nederlandse studie van TNO (zie figuur 9). De totale NOx emissies voor EURO-3 en 4 zijn in het Nederlandse onderzoek wel lager. Dit heeft vermoedelijk te maken met de gebruikte refenticyclus die "rustiger" is dan de CADC (in de CADC wordt bij hogere toerentallen geschakeld en is de riddynamiek hoger). Zowel voor EURO-3 als EURO-4 dieselwagens zijn de emissies iets hoger dan wat de EURO normen voorschrijven (ter info : via "eco-driving" dalen de NOx emissies onder de EURO normen, zie de groen balken in de figuur). Opvallend is ook dat benzine-wagens met "directe injectie" gevoelig meer NOx uitstoten in vergelijking met wagens met indirecte injectie.

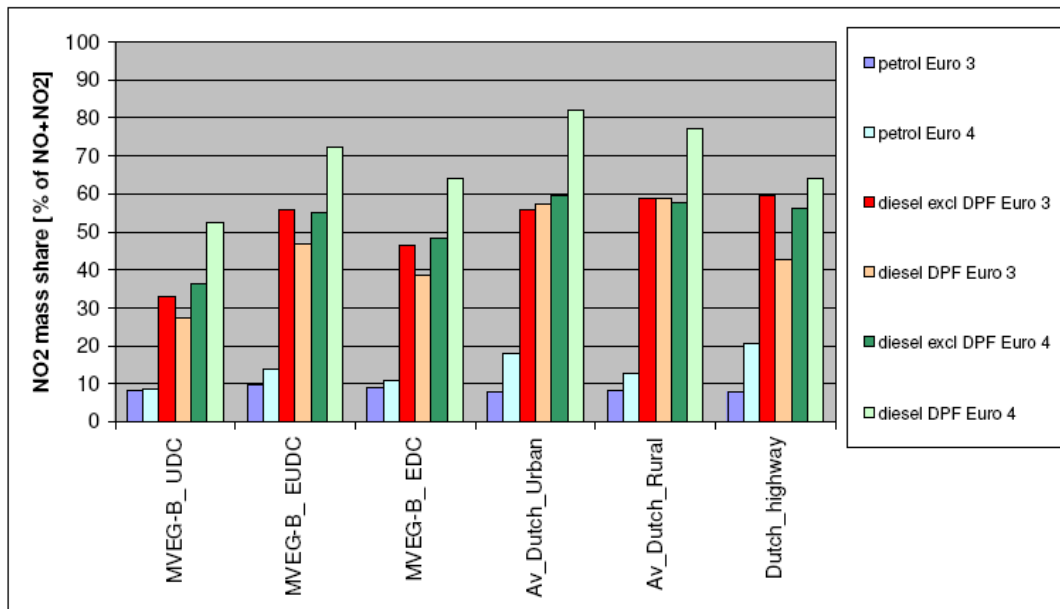


figuur 9 : NOx emissies van benzine en dieselvoertuigen volgens de Nederlandse "Urban" en "Rural" testcyclus  
bron : TNO, 2006 (IDI = "indirect Injection", DI="Direct Injection")

## b. Stijgende NO<sub>2</sub>/NO verhouding in de emissies van dieselwagens.

Naast hogere NO<sub>x</sub> emissies van dieselwagens, is ook de NO<sub>2</sub>/NO verhouding bij dieselwagens gevoelig hoger. Zoals hoger al vermeld is NO<sub>x</sub> de som van NO en NO<sub>2</sub>. Een stijging van de NO<sub>2</sub>/NO verhouding heeft als direct gevolg dat de "directe" uitstoot van NO<sub>2</sub> door dieselloertuigen (gevoelig) zal stijgen. Dit heeft ook gevolgen voor de gemeten NO<sub>2</sub> concentraties in de buitenlucht. In figuur 10 wordt het % NO<sub>2</sub> in de totale NO<sub>x</sub> uitstoot getoond voor zowel EURO-3 als 4 benzine- en dieselwagens (voor een 6 tal rijcycli). Het % NO<sub>2</sub> in de totale NO<sub>x</sub> emissies van dieselloertuigen kan oplopen tot 80% voor een EURO-4 dieselwagen die rijdt in een stedelijke omgeving en die uitgerust is met een roetfilter. Dit heeft te maken met de invoering van een oxidatiekatalysator bij dieselwagens vanaf EURO-3.

Ter info : De emissies die in (deterministische) luchtkwaliteitsmodellen (zoals beEUROS) gebruikt worden zijn de totale NO<sub>x</sub> emissies. Voor het simuleren van de chemische reacties in de atmosfeer is het echter noodzakelijk dat die NO<sub>x</sub> emissies worden opgesplitst in zowel NO al NO<sub>2</sub> emissies. De omzetting van NO<sub>x</sub> naar NO en NO<sub>2</sub> gebeurt (per sector) op basis van experimentele verhouding van NO<sub>2</sub>/NO. Voor het wegverkeer wordt in beEUROS tot op heden een verhouding NO<sub>2</sub>/NO van 5/95 (zomer) en 15/85 (winter) gebruikt. Gelet op de stijgende NO<sub>2</sub>/NO verhouding bij moderne dieselwagens (en de toenemende verdieselijking) zal deze verhouding naar boven toe herzien moeten worden (proportioneel meer directe uitstoot van NO<sub>2</sub>).



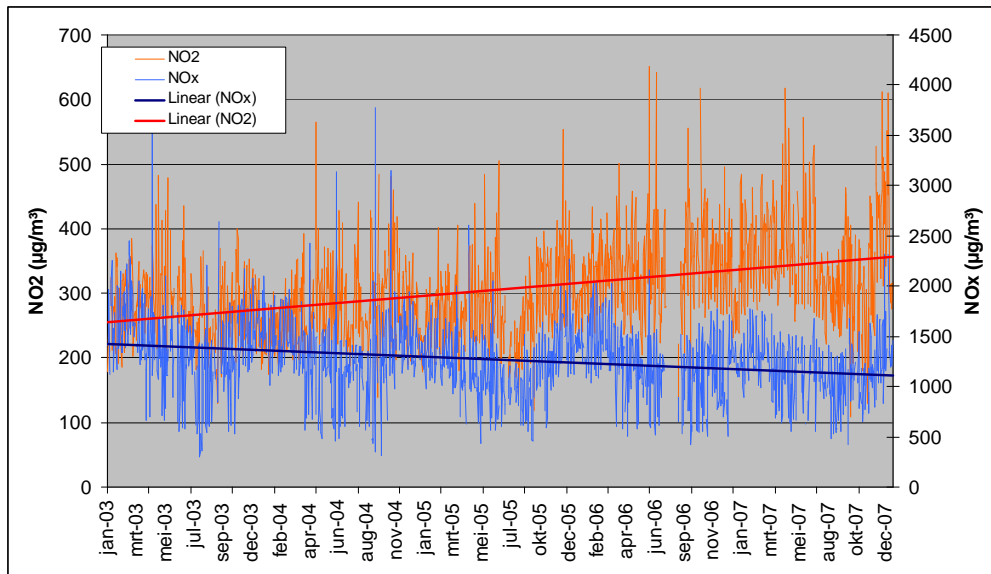
figuur 10 : NO<sub>2</sub> aandeel in de NO<sub>x</sub> emissies van benzine en dieselloertuigen volgens 6 Nederlandse testcycli bron : TNO, 2006 ("DPF" = Diesel Particulate Filter)

## c. Verloop NO<sub>x</sub>, NO en NO<sub>2</sub> concentraties in Leopold II tunnel te Brussel : bewijs van a en b

De toename van de NO<sub>2</sub>/NO verhouding en een stijging van de directe uitstoot van NO<sub>2</sub> door het wegverkeer wordt ook vastgesteld in het verloop van de metingen van de luchtkwaliteit in de Brusselse Leopold II tunnel. De gemeten "concentraties" in de tunnel zijn veeleer "emissie-" dan "immissie" metingen en geven dus een goed beeld van de uitlaatemissies van het wegverkeer.

Het Brussels gewest (BIM) doet sinds 2003 continue luchtkwaliteitsmetingen in de Brusselse Leopold II tunnel. Het verloop van de daggemiddelde NO<sub>x</sub> en de NO<sub>2</sub> concentraties tussen januari 2003 en december 2007 worden getoond in figuur 11 samen met een lineaire trendlijn. Uit figuur 11 blijkt duidelijk dat er een (langzaam) dalende trend is van de NO<sub>x</sub> concentraties (blauw) over een periode van 5 jaar. De NO<sub>2</sub> concentraties (oranje) daarentegen stijgen, en stijgen sneller dan de daling van de NO<sub>x</sub> concentraties.

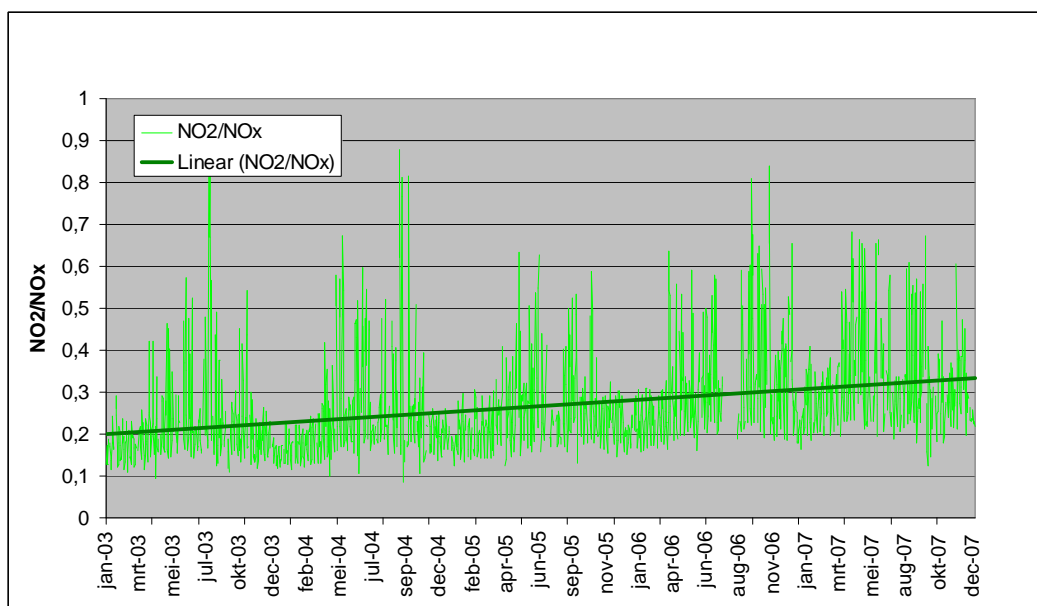




figuur 11 : verloop van de NO<sub>2</sub>(oranje) en NO<sub>x</sub> (blauwe) concentraties in de Brusselse Leopold II tunnel tussen 2003 en 2007.  
bron: IRCEL-BIM

Omdat de NO<sub>x</sub> concentraties dalen kan de stijging van de NO<sub>2</sub> concentraties alleen verklaard worden door een stijging van de NO<sub>2</sub>/NO verhouding bij de directe uitstoot. Dit wordt ook effectief vastgesteld (zie figuur 12).

In een periode van 5 jaar is het aandeel van de NO<sub>2</sub> concentraties in de totale NO<sub>x</sub> concentraties opgelopen van 20 tot 30%.



figuur 12 : NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> concentraties in de Brusselse Leopold II tunnel tussen 2003 en 2007.  
bron: IRCEL-BIM



## conclusies

Alhoewel de NO<sub>x</sub> emissies de laatste jaren gedaald zijn blijven de NO<sub>2</sub> concentraties in stedelijke meetstations stagneren. De toenemende verdieselijking van het Belgische wagenpark is hiervoor verantwoordelijk. Naast sowieso hogere NO<sub>x</sub> emissies door diesels in vergelijking met benzinewagens, is ook de NO<sub>2</sub>/NO verhouding bij dieselwagens hoger waardoor de directe uitstoot van NO<sub>2</sub> door het wegverkeer toeneemt.

De invoering van de oxidatiekatalysator bij (diesel) personenwagens vanaf de EURO-3 norm en de invoering van CDPF-roetfilters ("Catalytic Diesel Particulate Filter") bij vrachtwagens en bussen (waarbij een voorgeschakelde oxidatiekatalysator zorgt voor de productie van NO<sub>2</sub> dat gebruikt wordt bij de oxidatie van roetdeeltjes) zorgen voor die hogere directe NO<sub>2</sub> uitstoot.

Gezien pas vanaf de invoering van de EURO-6 norm in 2014 de NO<sub>x</sub> uitstoot van dieselwagens gevoelig zal dalen is het onwaarschijnlijk dat de NO<sub>2</sub> jaargrenswaarde in stedelijke meetstations (waar de concentraties voornamelijk bepaald worden door de emissies van het lokale wegverkeer) in 2010 zal gehaald worden. Ook met uitstel (zoals voorzien in de nieuwe EU richtlijn lucht) tot 2015 zal de jaargrenswaarde van 40 µ/m<sup>3</sup> waarschijnlijk niet gehaald worden. Gelet op het feit dat de emissienormen voor voertuigen communautaire (EU) bevoegdheid is zal ondertussen alleen (lokaal) beleid dat zorgt voor het beperken van het verkeersvolume (bijvb invoeren van "low emission" zones") kunnen zorgen voor een structurele daling van de NO<sub>2</sub> concentraties in stedelijke verkeersrijke gebieden.

## Referenties

1. Intergewestelijke databank Lucht, IRCEL, 2008
2. Jaarrapport "Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest 2006", 2007, Vlaamse Milieumaatschappij
3. Jaarverslag "lozingen in de lucht 1990-2006", 2007, Vlaamse Milieumaatschappij
4. Luchtkwaliteit in de Leopold II-tunnel 2006, technisch rapport, Brussels Instituut voor Milieubeheer
5. EURO 5 and 6 emissions standards for cars and vans (Position Paper), European Federation for Transport and Environment, 2006
6. The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel, TNO rapport IS-RPT-033-DTS-2006-01695, 2006
7. Rising NO<sub>2</sub>-levels at traffic exposed sites, Bruckman P., CAFE steering group, 23/11/2005
8. Evidence of an increasing NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> emissions ratio from road traffic emissions, D.C. Carslaw, Atmospheric Environment 39 (2005) 4793-4802
9. Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data, Janssen S., Dumont G., Fierens F. and Mensink C., Atmospheric Environment, In Press
10. website Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie, FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie
11. Luchtkwaliteit in Steden : Probleemschets, Aandachtspunten, Tendensen, Fierens F., Dumont G., 2006, Seminarie Luchtkwaliteit Steden (Benelux)