

---

## STIKSTOFOXIDEN - DEEL 1

*In een eerste bijdrage over stikstofoxiden worden de effecten van deze moleculen beschreven en wordt stilgestaan bij de parameters die de vorming van stikstofoxiden tijdens de verbranding van fossiele brandstoffen beïnvloeden. In een volgende bijdrage worden enkele technieken toegelicht om de emissie van NO<sub>x</sub> te reduceren, namelijk verbrandingstechnische en end-of-pipe technieken.*

### ► Algemeen

Onder stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) wordt een groep van hoog reactieve gassen (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O,...) verstaan die voornamelijk gevormd worden tijdens verbrandingsprocessen. In de praktijk wordt NO<sub>x</sub> voornamelijk gemeten als NO en NO<sub>2</sub>, aangezien dit de meest voorkomende verbrandingsproducten zijn. Bij een normale verbranding ontstaat er 90 tot 97% NO en 3 tot 10% NO<sub>2</sub>.

Stikstofmonoxide (NO) is een kleurloos, reukloos en smaakloos gas dat op zich weinig toxisch is. Het veel meer toxische NO<sub>2</sub> is een bruinrood gekleurd gas dat slecht ruikt en irriteert. Beide gassen zetten zich in de atmosfeer gemakkelijk in elkaar om en NO oxideert onder invloed van zonlicht of ozon snel tot NO<sub>2</sub>.

### ► Effecten van stikstofoxiden

NO<sub>x</sub> treedt op als katalysator voor de vorming van ozon op grondniveau en draagt aldus bij tot fotochemische luchtverontreiniging. Ozon (O<sub>3</sub>) ontstaat als stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en vluchtige organische stoffen (VOS) onder invloed van zonlicht chemisch reageren. Omdat stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen vrij langzaam met elkaar reageren, zijn ozonconcentraties het hoogst tussen 12.00 en 20.00 uur. Ozon bezit een sterk oxiderend karakter en is schadelijk voor mensen, planten en materialen.

Daarnaast dragen NO<sub>x</sub> bij tot de verzuring. Verzuring wordt omschreven als de gezamenlijke effecten van luchtverontreinigende stoffen (vooral SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub>) die via de atmosfeer worden aangevoerd en waaruit zuren (zwavelzuur en salpeterzuur) kunnen gevormd worden. De uitstoot van deze zuren veroorzaakt corrosie van materialen en versnelde verwerking van gebouwen, en verhoogt de kans op schade aan ecosystemen.

### ► Vorming van stikstofoxiden bij verbrandingsprocessen

Stikstofoxiden worden voornamelijk gevormd bij verbrandingsprocessen op hoge temperatuur. Het wegverkeer was in Vlaanderen in 2003 verantwoordelijk voor 54% van de NO<sub>x</sub>-productie (voornamelijk dieselmotoren), terwijl de overige bronnen voornamelijk bestaan uit stationaire motoren en stookinstallaties (elektriciteitsproductie: 12%, industrie: 22%,...).

De gevormde  $\text{NO}_x$  kunnen enerzijds afkomstig zijn uit N-houdende verbindingen in de brandstof (brandstofgebonden  $\text{NO}_x$ ). De bijdrage van brandstof  $\text{NO}_x$  is voornamelijk van belang bij traditionele brandstoffen zoals steenkool en zware aardoliefracties waarvan de stikstofgehalten uiteenlopen van 0,3 tot 2%. Het gevormde  $\text{NO}_x$  bij het verbranden van stookolie en kolen kan voor meer dan 90% zijn oorsprong vinden in brandstofstikstof. Ook bij verbranding van N-houdende afvalproducten speelt deze component een belangrijke rol. Bij gasvormige brandstoffen en lichte aardoliefracties is de bijdrage van de brandstof  $\text{NO}_x$  op de totale  $\text{NO}_x$ -vorming verwaarloosbaar.

Daarnaast is er de thermische  $\text{NO}_x$ , waarbij de  $\text{NO}_x$  ontstaat doordat bij hoge temperatuur moleculaire stikstof en zuurstof uit de toegevoegde verbrandingslucht dissociëren en met elkaar reageren tot  $\text{NO}_x$ .

Tenslotte is er de prompt  $\text{NO}_x$ , welke resulteert uit het eerste contact tussen brandstof en lucht in de vlamzone.

Terwijl bij ondermeer stookinstallaties de thermische  $\text{NO}_x$  het belangrijkste aandeel vormt, zal dit bij afvalverbranding voornamelijk de brandstofgebonden  $\text{NO}_x$  zijn. De bijdrage van prompt  $\text{NO}_x$  tot de totale  $\text{NO}_x$ -uitstoot van een verbrandingsproces is doorgaans beperkt.

### ► Parameters die de mate van $\text{NO}_x$ -vorming bij verbranding bepalen

Brandertechisch zijn de belangrijkste parameters bij  $\text{NO}_x$ -vorming:

- de vlamtemperatuur en de verblijftijd in de vlam
- de hoeveelheid beschikbare zuurstof ( $\lambda$ -factor)
- de verblijftijd in de verbrandingszone

De  $\text{NO}_x$ -vorming neemt toe bij stijgende temperatuur. De thermische  $\text{NO}_x$ -vorming neemt exponentieel toe met de temperatuur, terwijl de brandstofgebonden  $\text{NO}_x$ -vorming ongeveer lineair toeneemt met de temperatuur.

Zowel de thermische als de brandstofgebonden  $\text{NO}_x$ -vorming nemen grofweg kwadratisch toe met de hoeveelheid zuurstof. Afhankelijk van de hoeveelheid verbrandingslucht kan een onderscheid gemaakt worden tussen een rijk mengsel ( $\lambda$ -factor  $< 1$ ) waarbij te weinig zuurstof wordt toegevoegd en een arm mengsel ( $\lambda$ -factor  $> 1$ ) waarbij teveel zuurstof wordt toegevoegd. Uitgaande van een zeer rijk mengsel zal bij toename van de  $\lambda$ -factor de  $\text{NO}_x$ -vorming sterk toenemen tot deze benaderend een maximum bereikt bij stoëchiometrische verbranding ( $\lambda$ -factor = 1). Bij verder toenemende  $\lambda$ -factor zal het effect van de dalende temperatuur in de vlam ervoor zorgen dat de  $\text{NO}_x$ -vorming opnieuw sterk daalt.

Tegengesteld tot de  $\text{NO}_x$ -vorming verloopt de CO-vorming. Deze is namelijk het hoogst bij een lage  $\lambda$ -factor en het laagst bij een stoëchiometrische verbranding, zodat er in de praktijk met betrekking tot de luchtfactor naar een compromis dient gezocht te worden om de gasvormige emissies te beperken.

Tenslotte wordt hier vermeld dat de vorming van  $\text{NO}_x$  tijdens verbrandingsprocessen relatief traag verloopt. Hoe langer de verblijftijd van  $\text{O}_2$  en  $\text{N}_2$  in de verbrandingszone dus is, des te meer  $\text{NO}_x$  kan worden gevormd.

## ► Wetgevend kader

De Europese Commissie heeft op 23 oktober 2001 een richtlijn inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen gepubliceerd. Deze richtlijn heeft tot doel de emissies van verzurende stoffen en van precursoren van ozon (voornamelijk SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, VOS en NH<sub>3</sub>) te beperken. Volgens deze richtlijn mag de NO<sub>x</sub>-emissie in België tegen 2010 niet hoger zijn dan 176 kton, wat betekent dat er een reductie van 48,1% moet optreden ten opzichte van het niveau van 1990. Deze ambitieuze emissieplafonds zijn bindend en zijn ondermeer vertaald in Koninklijke Besluiten en wijzigingen in VLAREM II. Bemerkt dat er tot in 2003 in Vlaanderen een reductie van (slechts) 17% werd gemeten ten opzichte van 1990.

Specifiek voor de mobiele bronnen wordt een sterke reductie in NO<sub>x</sub>-uitstoot opgelegd via de Euro-normen. Ter informatie hierna enkele EU-emissiestandaarden voor personenwagens (< 2500 kg): voor benzinemotoren bepaalde de Euro 3-standaard (2000) een maximale waarde van 0,15 g NO<sub>x</sub>-emissie/km, terwijl dit vanaf 2005 (Euro 4) 0,08 g/km is geworden. Voor dieselmotoren bedroeg dit bij Euro 3 (2000) 0,50 g/km, terwijl dit bij Euro 4 (2005) 0,25 g/km is geworden.



Trevi nv  
Dulle-Grietlaan 17/1  
9050 Gentbrugge  
Belgium

T +32 9 220 05 77  
F +32 9 222 88 89  
E [info@trevi-env.com](mailto:info@trevi-env.com)  
S [www.trevi-env.com](http://www.trevi-env.com)

ISO 14001  
ISO 9001  
VCA  
BE 0447.717.158

TREVI is een Belgische vennootschap die beschikt over een multidisciplinair team met milieuadviseurs, procesdeskundigen, programmeurs en installateurs. Deze diversiteit biedt de klant het voordeel dat hij met één partner alle milieuproblemen kan oplossen van A tot Z en dit zowel in de domeinen water, lucht, bodem en energie. De consequente aanpak via onderzoek, pilootproeven, ontwerp, realisatie, opstart, opvolging en exploitatie staat garant voor de geleverde kwaliteit.