

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_x te reduceren, namelijk verbrandingstechnische en end-of-pipe technieken.

► Algemeen

Onder stikstofoxiden (NO_x) wordt een groep van hoog reactieve gassen (NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O ,...) verstaan die voornamelijk gevormd worden tijdens verbrandingsprocessen. In de praktijk wordt NO_x voornamelijk gemeten als NO en NO_2 , aangezien dit de meest voorkomende verbrandingsproducten zijn. Bij een normale verbranding ontstaat er 90 tot 97% NO en 3 tot 10% NO_2 .

Stikstofmonoxide (NO) is een kleurloos, reukloos en smaakloos gas dat op zich weinig toxisch is. Het veel meer toxische NO_2 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_2 .

► Effecten van stikstofoxiden

NO_x treedt op als katalysator voor de vorming van ozon op grondniveau en draagt aldus bij tot fotochemische luchtverontreiniging. Ozon (O_3) ontstaat als stikstofoxiden (NO_x) 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_x bij tot de verzuring. Verzuring wordt omschreven als de gezamenlijke effecten van luchtverontreinigende stoffen (vooral SO_2 , NO_x en NH_3) 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_x -productie (voornamelijk dieselmotoren), terwijl de overige bronnen voornamelijk bestaan uit stationaire motoren en stookinstallaties (elektriciteitsproductie: 12%, industrie: 22%,...).

De gevormde NO_x kunnen enerzijds afkomstig zijn uit N-houdende verbindingen in de brandstof (brandstofgebonden NO_x). De bijdrage van brandstof 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 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 NO_x op de totale NO_x -vorming verwaarloosbaar.

Daarnaast is er de thermische NO_x , waarbij de NO_x ontstaat doordat bij hoge temperatuur moleculaire stikstof en zuurstof uit de toegevoegde verbrandingslucht dissociëren en met elkaar reageren tot NO_x .

Tenslotte is er de prompt NO_x , welke resulteert uit het eerste contact tussen brandstof en lucht in de vlamzone.

Terwijl bij ondermeer stookinstallaties de thermische NO_x het belangrijkste aandeel vormt, zal dit bij afvalverbranding voornamelijk de brandstofgebonden NO_x zijn. De bijdrage van prompt NO_x tot de totale NO_x -uitstoot van een verbrandingsproces is doorgaans beperkt.

► Parameters die de mate van NO_x -vorming bij verbranding bepalen

Brandertechisch zijn de belangrijkste parameters bij NO_x -vorming:

- de vlamtemperatuur en de verblijftijd in de vlam
- de hoeveelheid beschikbare zuurstof (λ -factor)
- de verblijftijd in de verbrandingszone

De NO_x -vorming neemt toe bij stijgende temperatuur. De thermische NO_x -vorming neemt exponentieel toe met de temperatuur, terwijl de brandstofgebonden NO_x -vorming ongeveer lineair toeneemt met de temperatuur.

Zowel de thermische als de brandstofgebonden 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 (λ -factor < 1) waarbij te weinig zuurstof wordt toegevoegd en een arm mengsel (λ -factor > 1) waarbij teveel zuurstof wordt toegevoegd. Uitgaande van een zeer rijk mengsel zal bij toename van de λ -factor de NO_x -vorming sterk toenemen tot deze benaderend een maximum bereikt bij stoëchiometrische verbranding (λ -factor = 1). Bij verder toenemende λ -factor zal het effect van de dalende temperatuur in de vlam ervoor zorgen dat de NO_x -vorming opnieuw sterk daalt.

Tegengesteld tot de NO_x -vorming verloopt de CO-vorming. Deze is namelijk het hoogst bij een lage λ -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 NO_x tijdens verbrandingsprocessen relatief traag verloopt. Hoe langer de verblijftijd van O_2 en N_2 in de verbrandingszone dus is, des te meer 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 SO₂, NO₂, VOS en NH₃) te beperken. Volgens deze richtlijn mag de NO_x-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_x-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_x-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.