



# CARTOGRAFIE VAN STIKSTOFDIOXIDE IN BELGIË

## METINGEN VAN DE RUIMTELIJKE VERDELING VAN STIKSTOFDIOXIDE, VANAF EEN MOBIEL PLATFORM

Jeroen van Gent,

Alexis Merlaud,

Frederik Tack,

Caroline Fayt en

Michel Van Roozendael

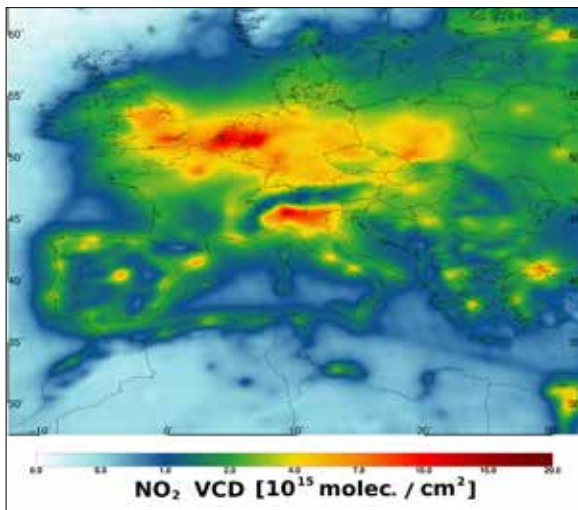
**Op 26 juli 1943 trok een dichte, hardnekkige mist door de straten van Los Angeles. De mist, met de geur van bleekwater, veroorzaakte irritaties aan ogen en luchtwegen en zelfs braakneigingen bij de inwoners van de stad. In eerste instantie werd gevreesd voor een chemische gasaanval door Japan. Dergelijke gevallen van smog – een samentrekking van het Engelse *smoke* (rook) en *fog* (mist) – kwamen daarna nog vaker voor. Toen eenmaal duidelijk was dat Japan geen blaamtrof, werd de smog toegeschreven aan de uitstoot van chemische fabrieken. Enkele daarvan werden tijdelijk gesloten, maar de smog kwam telkens terug. Intussen werd duidelijk dat ook landbouwgewassen en materialen (zoals het rubber van autobanden) door de smog werden aangetast.**

Men moest wachten tot de jaren 1950 op het werk van chemicus Jan Haagen-Smit, pionier in het wetenschappelijk onderzoek naar luchtkwaliteit, om de oorsprong en de eigenschappen van smog te begrijpen. De geur van bleekwater is afkomstig van ozon ( $O_3$ ), dat reageert met organische stoffen. Maar ozon is meestal niet direct afkomstig van de uitstoot van fabrieken; het ontstaat uit ingewikkelde chemische reacties onder invloed van het zonlicht, waarbij stikstofdioxiden en

vluchtige organische verbindingen betrokken zijn. De stikstofoxiden ( $NO_x = NO + NO_2$ ) komen vrij bij alle types van verbranding. In stedelijke gebieden is de belangrijkste bron de verbrandingsmotor van auto's en vrachtwagens.

### België sterk vervuild door stikstofoxiden

In België zijn periodes van smog doorgaans minder spectaculair dan in Los Angeles. Dit is vooral het gevolg van een meer open topografie en minder zonnestraling. Desondanks is het wegverkeer in België een belangrijke bron van stikstofoxiden. Smog is trouwens vaak goed zichtbaar boven grote steden zoals Brussel (zie Figuur 1). In de zomer worden de grenswaarden van ozon regelmatig overschreden (zoals begin juli 2015), net zoals die van fijnstof en stikstofdioxiden in de winter. Ozon en  $NO_2$  zijn beide zeer schadelijk voor de luchtwegen. Bij langdurige blootstelling aan dit gas kunnen mensen met astmaklachten en chronische longaandoeningen de effecten ervan al ondervinden bij lage concentraties. Bij zeer hoge concentraties (1 deeltje op een miljoen, ofwel ppm = *parts per million*) kan  $NO_2$  zelfs schadelijk zijn voor gezonde personen. De Europese richtlijn 2008/50/CE heeft grenswaarden per uur en per jaar vastgesteld voor blootstelling aan  $NO_2$ . De meetstations in Brussel van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM) laten zien dat de uurlimie-



Figuur 2: Ruimtelijke verdeling van  $\text{NO}_2$  in Europa. De kaart geeft gemiddelde waarden over de periode 2005-2010, bepaald uit metingen van het OMI-instrument.



Figuur 3: De meetwagen van het BIRA, uitgerust met het mobiele DOAS-instrument. De optische eenheid, die via glasvezelkabels verbonden is met de spectrometer, is op het raam van één van de achterdeuren gemonteerd. De spectrometer en de bijbehorende computer bevinden zich in de laadruimte.

ten in de Belgische hoofdstad worden gerespecteerd, met uitzondering van het kruispunt Kunst-Wet. De jaarlijkse limiet, daarentegen, wordt regelmatig overschreden.

#### Voordelen en beperkingen van metingen vanuit de ruimte

De optische eigenschappen van het  $\text{NO}_2$ -molecuul maken het mogelijk deze stof vanuit de ruimte te meten (Figuur 2). Op deze manier kan worden afgeleid dat België één van de meest door  $\text{NO}_2$  vervuilde landen van Europa is, samen met Nederland, Duitsland, het bekken van Londen en de Povlakte; kortom, de regio's met de grootste verkeersdichtheid en sterk ontwikkelde industrie. Satellietmetingen bieden het voordeel van globale dekking over langere tijdschaal. Op basis van deze waarnemingen concluderen wetenschappers dat de  $\text{NO}_2$ -vervuiling boven België niet langer toeneemt, hetgeen ook blijkt uit  $\text{NO}_2$ -bepalingen vanaf de grond. Dit is in tegenstelling met de evolutie in, bijvoorbeeld, het oosten van China, waar  $\text{NO}_2$  eerder gekoppeld is aan de uitstoot van industrie dan aan autoverkeer.

Satellietmetingen hebben echter een beperkte ruimtelijke resolutie, in de orde van 10 km (de beste resolutie wordt momenteel gehaald door het instrument OMI, met een pixeloppervlak van  $13 \times 24 \text{ km}^2$ ). Daardoor is het niet mogelijk om de lokale distributie van  $\text{NO}_2$  binnen een stad te bepalen, terwijl doorgaans juist daar de concentraties het hoogst zijn. Bovendien worden satellietmetingen verricht op een vast tijdstip langs een heliosynchrone baan, waardoor het niet mogelijk is om de dagelijkse variatie in de hoeveelheid  $\text{NO}_2$  of de maxima die optreden tijdens de spits te meten.

#### Mobiele DOAS-metingen door het BIRA

Om  $\text{NO}_2$ -variaties in ruimte en tijd beter te kunnen meten, ontwikkelt het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA) sinds 2009 compacte meetinstrumenten voor de optische detectie van  $\text{NO}_2$ . Dit type instrument kan op eenvoudige wijze op een auto worden gemonteerd (Figuur 3) en het gebruikt dezelfde optische techniek als satellietinstru-

menten. De meting is gebaseerd op het kwantificeren, door middel van een spectrometer, van de specifieke absorptie door  $\text{NO}_2$  van het zonlicht, dat door de atmosfeer wordt gestrooid, en op basis daarvan kan de dikte van de  $\text{NO}_2$ -laag worden afgeleid (zie kader). Het licht wordt verzameld door middel van twee glasvezelkabels die, respectievelijk, naar het zenit en naar een punt op 30 graden boven de horizon gericht zijn. Net door deze configuratie kan het antropogene  $\text{NO}_2$  dicht aan het aardoppervlak, onderscheiden worden van de natuurlijke  $\text{NO}_2$ -laag in de stratosfeer. De geolocatie van de metingen geschiedt met behulp van gelijktijdige registratie van de GPS-positie. Deze meettechniek, mobiele DOAS genoemd, is recentelijk door meerdere onderzoeksgroepen toegepast voor het bepalen van emissies in steden en industriegebieden.

Het mobiele DOAS-instrument van het BIRA is ingezet bij verscheidene internationale meetcampagnes, in Nederland (2009), Duitsland (2013) en in Roemenië (2014). Het is verder routinematig gebruikt bij metingen in België in 2010 en 2011 (zie Figuur 4), langs het werktraject van een vrijwillige onderhoudsmonteur. Deze laatste metingen bedekken een groot deel van België en maken het mogelijk de kennis van de  $\text{NO}_2$ -verdeling zoals gemeten door satellietinstrumenten te verfijnen. Net zoals vastgesteld door de satellietmetingen, is de  $\text{NO}_2$ -vervuiling het grootst in het noorden van het land. Maar de ruimtelijke resolutie van de mobiele metingen is enkele ordes van grootte beter (10 km voor de satellietgegevens versus 100 m voor die van de auto). Z'n fijne resolutie staat detectie toe van  $\text{NO}_2$ -variaties binnen de meest vervuilde gebieden van Vlaanderen en Brussel; maar eveneens van de  $\text{NO}_2$ -toename rond de grote steden in Wallonië (Bergen, Charleroi en Luik), die niet zichtbaar is in de satellietgegevens.

In april en mei 2015 is de mobiele DOAS-installatie van het BIRA gebruikt tijdens een door het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) gefinancierde meetcampagne, waaraan ook collega's van VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch





Figuur 4: Mobile DOAS-metingen van de NO<sub>2</sub>-kolom, uitgevoerd in België in 2011. Door de hoge ruimtelijke resolutie zijn details waarneembaar die ontbreken in de satellietgegevens.

Onderzoek) en IRCEL (Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu) deelnamen. De campagne bestond uit metingen met het APEX-instrument (een spectrometer aan boord van een vliegtuig) boven de steden Brussel, Luik en Antwerpen (zie Figuur 5), waarbij simultaan grondmetingen met de mobiele DOAS-configuratie werden uitgevoerd. Bij het redigeren van dit artikel worden de APEX-gegevens door het BIRA en door VITO geanalyseerd. De mobiele DOAS-metingen zullen de kalibratie en validatie mogelijk maken van NO<sub>2</sub>-kaarten die geproduceerd zijn op basis van de APEX-gegevens. Het doel van dit project is om modellen van luchtkwaliteit in België te verbeteren, teneinde periodes van luchtvervuiling beter te begrijpen, te voorspellen en te voorkomen.

#### De auteurs

Jeroen van Gent, Alexis Merlaud, Frederik Tack, Caroline Fayt en Michel Van Roozendael zijn als onderzoekers verbonden aan het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA).

#### Dankwoord

De Mobile DOAS-activiteiten aan het BIRA worden gesteund door een *duurzame ontwikkeling*-subsidie van de Nationale Loterij. Wij danken onze collega's Anabel-Lise Le Roux, Yves Geunes, Olivier Ferrière en Stéphanie Fratta voor hun actieve steun tijdens de diverse fases van het project.

#### Meer

Meer informatie over mobiele DOAS-metingen en de DOAS-groep aan het BIRA:  
<http://aeromobil.be/>  
<http://uv-vis.aeronomie.be/>



Figuur 5: Kwalitatieve NO<sub>2</sub>-distributie in Antwerpen (15 april 2015)

### De DOAS-techniek voor afstandsmetingen van de atmosfeer en in-situ metingen: zien en ruiken

Mobile metingen van NO<sub>2</sub> door het BIRA gebruiken dezelfde techniek als satellietmetingen: de DOAS-methode. De geschiedenis van het principe van Differentiële Optische Absorptie-Spectroscopie (DOAS) gaat terug tot de eerste metingen van de ozonlaag door Fabry en Buisson in de jaren 1920. Naast NO<sub>2</sub> kunnen talrijke andere belangrijke atmosferische gassen met deze methode worden gemeten (formaldehyde, zwaveldioxide, ozon, ...). De DOAS-techniek bestaat uit het bestuderen van de lichtintensiteit als functie van golflengte; kortom: van het lichtspectrum. Als licht door een gasachtig medium (zoals de atmosfeer) beweegt, verandert het spectrum onder invloed van absorptie door de aanwezige moleculen. Deze absorptie is anders voor elke chemische stof en elke stof laat zo een vingerafdruk na in het lichtspectrum. Het verschil in lichtintensiteit tussen golflengten waar een molecuul sterk absorbeert en die waar de absorptie zwak is maakt het mogelijk om het aantal moleculen langs het lichttraject te bepalen.

Toegepast op het spectrum van het zonlicht, dat door de atmosfeer wordt verstrooid, kan met behulp van DOAS de kolom (de concentratie van een chemische stof, geïntegreerd in verticale richting) van een gas, zoals NO<sub>2</sub>, worden vastgesteld. Deze kolom kan worden gezien als de dikte van de gaslaag in de atmosfeer. Aangezien de gemeten grootte (in dit geval de NO<sub>2</sub>-kolom) niet direct in contact staat met het meetinstrument, wordt gesproken van *afstandsmetingen*.

De hier beschreven mobiele DOAS-metingen zijn complementair met de gegevens van de vaste meetstations van IRCEL. De laatste berusten op een chemische analyse van monsters genomen van de lucht die in direct contact staat met het station. Men spreekt daarom van *in-situ metingen*. De kennis van oppervlakteconcentraties, *in situ* gemeten door deze stations, is van fundamenteel belang voor het bestuderen van de blootstelling van de bevolking aan schadelijke stoffen. Aan de andere kant maken de metingen van gaskolommen het mogelijk om satellietgegevens te kalibreren, te valideren en om te zetten in oppervlakteconcentraties. Ook bieden ze randvoorwaarden aan modelberekeningen van de chemie en het transport van vervuulende stoffen, essentieel voor een beter begrip en het voorspellen van luchtkwaliteit. Om een analogie te maken met de menselijke zintuigen: afstandsmetingen kunnen vergeleken worden met het gezichtsvermogen en de in-situ metingen met de reukzin.