

# Verbeteringen aan het stikstofmodel

Reactie op artikel in *Tijdschrift Lucht*, 2024 nummer 1

Gerard Cats  
23 maart 2024

In Nederland wordt de jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie berekend met het “OPS”-model van het RIVM. Siteur *et al.* (2024) (hierna: S2024) hebben dit model aangepast, geïnspireerd op het “SRM2”-model, dat speciaal voor de bijdrage van wegverkeer is ontwikkeld. SRM2 werkt alleen binnen 5 km van de weg. In het vervolg zal ik kortheidshalve het oorspronkelijke model “OPS” noemen, en de aangepaste versie “SRM2”. Deze twee modellen vallen samen op plaatsen waar er geen wegen binnen 5 km afstand liggen. S2024 laat zien dat SRM2 beter dan OPS is als de NO<sub>2</sub> concentratie hoog is; niet alleen in theorie, door een betere verwerking van chemische omzettingen, maar ook in de praktijk. SRM2 past beter bij de waarnemingen. Het is wel merkwaardig dat de auteurs de aanpassingen niet ook implementeren voor andere sterke bronnen dan wegverkeer. Weliswaar is er voor die bronnen weinig of geen validatie aan waarnemingen – voor OPS noch SRM2 – maar SRM2 ‘valideert’ beter aan de theorie, en is dus te prefereren boven OPS, althans, bij hoge concentratie NO<sub>2</sub>.

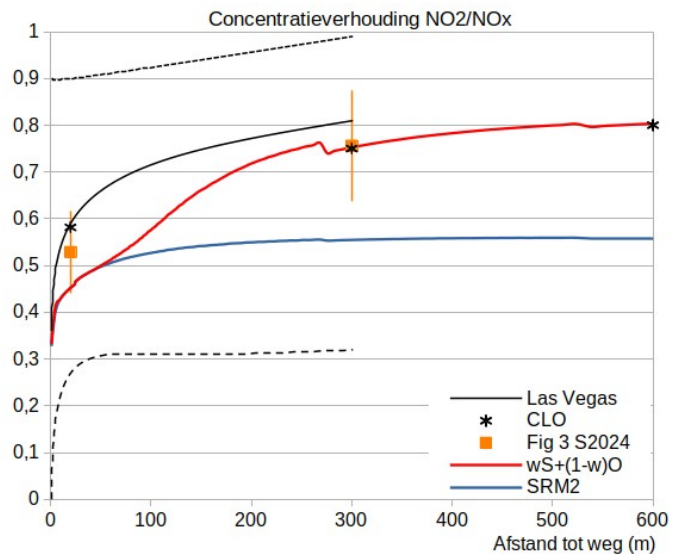
In deze notitie wil ik echter vooral ingaan op de situatie wat verder van een drukke weg, zeg tussen 300 m en 5 km afstand. Daar is de bijdrage van de weg al zover gedaald dat er geen sprake meer is van hoge concentratie. Zeker in stedelijk gebied valt die bijdrage in de metingen niet te onderscheiden van de (stedelijke) achtergrondconcentratie. Dat SRM2 daar de waarnemingen goed reproduceert is vooral omdat het model de juiste achtergrondconcentratie gebruikt. De validatie is de facto een validatie van het model om de achtergrondconcentratie te berekenen (dat is OPS), en niet van het model voor de verkeersbijdrage. Dit geldt overigens onverkort ook voor OPS zelf.

Deze notitie zal laten zien dat OPS tussen 300 m en 5 km beter is dan SRM2. Voor concentratie van luchtvervuiling is dat niet relevant. Immers, de verkeersbijdrage daar is klein; zelden meer dan enkele procenten van de totale concentratie. Uit figuur 2 van S2024 blijkt dat de luchtvervuiling overal aan de norm (40 µg/m<sup>3</sup>) voldoet; zelfs dicht bij de wegen. Fouten in SRM2 op enige afstand van de weg zijn dan ook wel te verdragen, want het gaat slechts om een fout in een kleine bijdrage aan de totale concentratie, die hoe dan ook niet tot normoverschrijding zou leiden.

Anders is dat echter voor stikstofdepositie. De achtergronddepositie in Nederland is erg hoog. Zelfs al is de bijdrage van een weg klein ten opzichte van de achtergrond, dan nog kan die bijdrage significant zijn. De bijdrage van de weg wordt met SRM2 uitgerekend, en fouten in SRM2 moeten dan ook zeker vermeden worden.

S2024 beschrijft hoe OPS uitgaat van NO<sub>x</sub>, en daaruit de concentratie van NO<sub>2</sub> berekent. Voor luchtvervuiling is dat relevant, omdat de normstelling in termen van NO<sub>2</sub> is. Voor depositie is dat evenzeer van belang, en wel omdat in de praktijk alleen NO<sub>2</sub> depositie geeft. Dit impliceert dat zowel voor concentratie als depositie de verhouding tussen de concentraties NO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> een wezenlijke parameter is. In Figuur 1 is die verhouding uitgezet als functie van de afstand tot de weg.

In SRM2 loopt die bij toenemende afstand snel op van circa 0,33 naar circa 0,56 (de verhouding hangt onder andere af van de ozon achtergrondconcentratie). In OPS (niet ingetekend) is verhouding ongeveer 0,81 over het hele traject. Waarnemingen in Las Vegas (Richmond-Bryant, 2017) en in Nederland zijn ingetekend. De Nederlandse waarnemingen zijn ontleend aan figuur 3 van S2024 en aan het Compendium voor de Leefomgeving (2020). Ze zijn (enigszins arbitrair) ingetekend op 20 m, 300 m en 600 m voor de verkeersbelaste meetpunten, de meetpunten stedelijke achtergrond respectievelijk de regionale meetpunten.



Figuur 1: De verhouding van de concentraties van  $\text{NO}_2$  en  $\text{NO}_x$  als functie van de afstand tot de weg. Blauw: SRM2; zwart: metingen in Las Vegas, met (gestreept) 2- en 98-percentiel. Waarden uit figuur 3 van S2024 (oranje, met indicatie van  $2\sigma$ ) en uit het Compendium voor de Leefomgeving voor 2020 (zwarte sterren) zijn ingetekend (verkeersbelast op 20 m, stedelijke achtergrond op 300 m, en regionaal op 600 m). Rood: een voorstel tot verbetering van SRM2.

In principe wordt SRM2 alleen gebruikt voor de bijdrage van wegverkeer, terwijl de metingen uiteraard de totale concentratie weergeven, dus inclusief de achtergrondconcentratie. In een stedelijk gebied zal de achtergrondconcentratie voor een belangrijk deel door wegverkeer worden bepaald (hoewel in de regio Rijnmond ook scheepvaart aanzienlijk bijdraagt, zie figuur 4 in S2024). Daarom is het niet onverantwoord om de gemeten verhouding in dezelfde figuur te zetten als de berekende verhouding van de verkeersbijdragen. Als SRM2 een foute verhouding heeft in de verkeersbijdragen aan de concentraties van  $\text{NO}_2$  en  $\text{NO}_x$  zal die fout in sterke mate doorwerken in de verhouding van de totale concentraties.

De figuur toont duidelijk dat SRM2 de verhouding op enige afstand van de weg ernstig onderschat. In SRM2 is die verhouding overall lager dan zelfs de laagste verhouding in figuur 3 van S2024 voor metingen in de stedelijke achtergrond. Op wat grotere afstand zou de verhouding blijken de metingen naar circa 0,8 moeten gaan – zoals inderdaad gebeurt in OPS. Vanaf 300 m past OPS wel bij de metingen, en SRM2 niet. De fout is ongeveer een factor  $0,81/0,56$ . SRM2 onderschat de verhouding, en daarmee de depositie, met 45%. Het gaat dus om een fout van 45% in enkele procenten van de totale depositie, maar omdat de totale depositie zo groot is, is die fout toch significant. Door deze onderschatting moeten honderden boerenbedrijven extra worden beëindigd om aan de stikstofdoelstelling te voldoen. De gevolgen van de fout zijn dus groot, zowel maatschappelijk als juridisch.

In figuur 1 is in rood een voorstel voor een aanpassing van SRM2 ingetekend. Het past goed bij de waarnemingen over alle afstanden. In het bijzonder reproduceert dit voorstel SRM2 dicht bij de weg, waar SRM2 goed gevalideerd is. Een eerdere, soortgelijke, versie is voorgelegd aan enkele auteurs van S2024, maar zij wezen het af met als belangrijkste inhoudelijke argument dat het niet gevalideerd zou zijn. Dat dat argument geen stand houdt heb ik al in de eerste alinea van deze notitie betoogd. In dit geval echter blijkt zelfs dat de aanpassing beter de waarnemingen reproduceert dan SRM2 (en OPS). SRM2 valideert slechter dan de aanpassing.

Geconcludeerd wordt dat SRM2 concentratie en depositie dicht bij een drukke weg beter beschrijft dan OPS, maar verder dan enkele honderden meters van de weg is OPS beter. Een geleidelijke overgang tussen deze twee modellen reproduceert de waarnemingen beter dan elk model afzonderlijk.

Referenties:

Compendium voor de Leefomgeving, 2020: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl049309-stikstofoxiden-in-lucht-1992-2020> en <https://www.clo.nl/indicatoren/nl023117-stikstofdioxide-in-lucht-1992-2020>, geraadpleegd op 15 maart 2024.

Richmond-Bryant, R., C. Owen, S. Graham, M. Snyder, S. McDow, M. Oakes, and S. Kimbrough: 2017: *Estimation of on-road NO<sub>2</sub> concentrations, NO<sub>2</sub>/NO<sub>X</sub> ratios, and related roadway gradients from near-road monitoring data*. *Air Qual Atmos Health* 10(5): 611–625.

Siteur, Koen, Abe Vos, Joost Wesseling, Wilco De Vries, Ferd Sauter, Sander Jonkers, Ronald Hoogerbrugge, Ruben Gielissen en Sander Teeuwisse, 2024: *inzet metingen voor hoge resolutie kaarten*. *Tijdschrift Lucht* 20, nummer 1, pp 16-21.

# Enkele notities

## Verantwoording van figuur 1

In figuur 1 zijn de curves voor SRM2 en voor de aangepaste versie verkregen voor een rechte weg, met een lengte van 6 km en met 200.000 motorvoertuigen per dag. Dat is redelijk representatief voor het enige meetpunt uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit bij een snelweg (in Breukelen); en voor de metingen in Las Vegas. De aangepaste versie gebruikt SRM2 als de verkeersbijdrage aan  $\text{NO}_x$  groter dan  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is, en daaronder wordt gewogen gemiddeld tussen SRM2 en OPS, met een gewicht voor SRM2 dat verloopt als een cosinus van de verkeersbijdrage tussen 1 bij  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 0 bij 0. Deze middeling wordt per windrichtingssector toegepast.

Benadrukt wordt dat deze procedure erop gericht is om SRM2 exact te reproduceren bij hoge verkeersbijdragen, dus waar de verkeersbijdrage goed te onderscheiden is van die van andere bronnen; dit om niet te verzanden in een discussie over hoe goed SRM2 is voor luchtkwaliteit of depositie. Het is geenszins de bedoeling te suggereren dat SRM2 goed werkt. SRM2 valideert bij hoge verkeersbijdrage goed aan waarnemingen van luchtkwaliteit. Dat impliceert echter niet dat het voor kleine bijdragen of voor depositie goed werkt.

Figuur 1 vertoont knikken in de rode en blauwe (!) krommen op circa 300 m en 500 m afstand van de weg. Dit wordt veroorzaakt door sprongen in de ozon achtergrondconcentratie.

## Figuur 3 van S2024

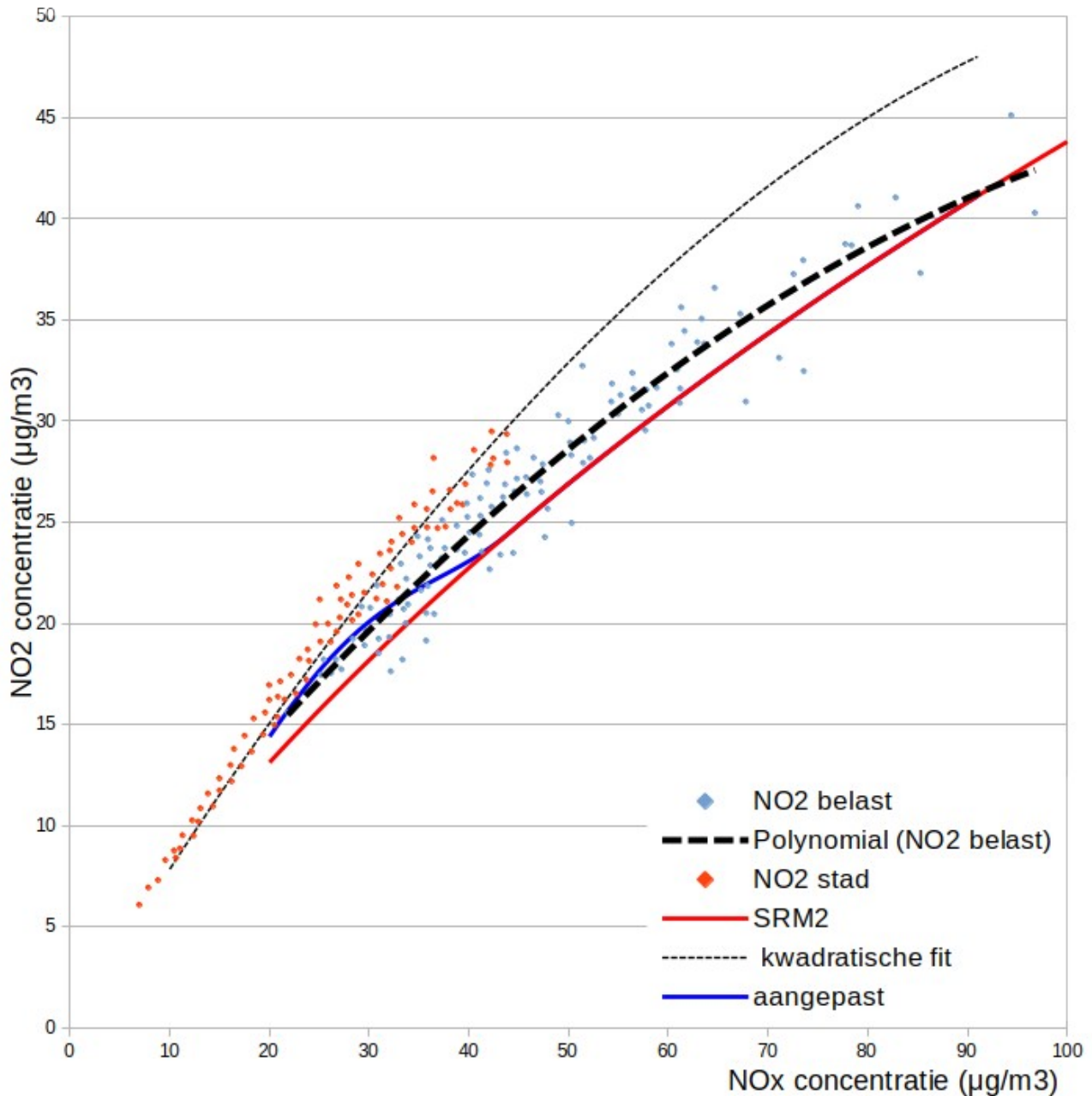
In figuur 3 van S2024 worden meetpunten van  $\text{NO}_2$  versus  $\text{NO}_x$  gegeven, uitgesplitst naar metingen aan (stads-)achtergrond en verkeersbelaste meetpunten. Deze figuur ligt ten grondslag aan figuur 2 hieronder. De auteurs van S2024 wijzen er terecht op dat de empirische relatie die OPS gebruikt om berekende  $\text{NO}_x$  concentratie om te zetten naar concentratie van  $\text{NO}_2$  de  $\text{NO}_2$  concentratie overschat bij hoge concentraties. Zij laten echter niet zien hoe hun aanpassingen op basis van SRM2 die figuur zou verbeteren.

De figuur geeft niet voldoende informatie om dat alsnog te doen. Immers, SRM2 werkt alleen op de verkeersbijdrage, terwijl de metingen de som van verkeersbijdrage en achtergrond geven. Toch heb ik een poging gewaagd. Daartoe heb ik een kwadratische kromme gefit aan de verkeersbelaste waarnemingen. Die kromme zou SRM2 moeten reproduceren; dat is dus de streefkromme. Dat blijkt goed te lukken voor de hoge concentraties als ik aanneem dat de  $\text{NO}_x$  achtergrondconcentratie  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is, en de  $\text{NO}_2$  achtergrondconcentratie 70% daarvan. Maar dan blijkt SRM2 (de rode kromme) over een groot deel van het bereik onder de streefkromme te liggen. De aangepaste versie (blauwe kromme) doet dat ook – uiteraard, want die is ontworpen om SRM2 bij hogere concentraties te reproduceren. Maar bij de lagere concentraties ligt de blauwe kromme dichter bij de streefkromme dan de rode. Weer blijkt die aangepaste versie beter in het concentratiebereik waar de verkeersbijdrage aan concentratie niet echt van belang is, maar waar de bijdrage aan depositie zeker niet veronachtzaamd mag worden.

Deze bevindingen zijn niet erg krachtig, omdat ik vele veronderstellingen heb moeten maken omtrent verkeersbijdrage, ozonconcentratie, enzovoort. De auteurs van S2024 hebben mogelijk wel voldoende informatie om tot sterkere conclusies te komen. Ik nodig hen dan ook uit om de effecten

van hun en mijn modelaanpassingen door te rekenen op de meetpunten in hun figuur 3 (en andere meetpunten als die beschikbaar zijn).

Het feit dat de krommen van de aangepaste versie in figuren 1 en 2 beide een buigpunt vertonen suggereert dat de aangepaste versie nog te lang SRM2 volgt. In beide figuren is de verhouding van de concentraties  $\text{NO}_2$  en  $\text{NO}_x$  bij het buigpunt ongeveer 0,55.



*Figuur 2: Waarnemingen van concentratie  $\text{NO}_2$  uitgezet tegen concentratie  $\text{NO}_x$  op verkeersbelaste meetpunten (blauw) en bij metingen aan (stads-)achtergrond (rood); overgenomen uit figuur 3 van S2024. In die figuur is een empirische relatie getekend. De dunne dunne streepjeslijn hierboven is een kwadratische fit daaraan, geforceerd door de oorsprong. De dikke streepjeslijn is een kwadratische fit aan de metingen op verkeersbelaste stations. De rode lijn is SRM2 onder veronderstellingen omtrent de achtergrondconcentratie en de blauwe lijn is de aangepaste versie.*