



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Technische beschrijving van
standaardrekenmethode 2 (SRM-2)
voor luchtkwaliteitsberekeningen**

RIVM Briefrapport 2014-0109
J. Wesseling | K. van Velze



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM-2) voor luchtkwaliteitsberekeningen

RIVM Briefrapport 2014-0109
J. Wesseling | K. van Velze

Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Joost Wesseling (RIVM),
Karel van Velze (PBL)

Contact:
Joost Wesseling (RIVM),
Joost.Wesseling@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van IenM, in het kader van Stedelijke luchtkwaliteit

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM-2)

De Nederlandse overheid heeft in 2007 bepaald dat de gevolgen van de ruimtelijke ordening op de luchtkwaliteit met drie standaard rekenmethoden worden berekend (SRM-1, -2 en -3). Een heldere beschrijving van de rekenregels van deze standaardrekenmethoden is van groot belang voor het juiste gebruik ervan. Het RIVM is door het ministerie van Infrastructuur en Milieu gevraagd de technische regels voor rekenen langs (snel)wegen (SRM-2) in een rapport vast te leggen. Het ministerie zal voortaan voor de technische beschrijving van SRM-2 naar dit rapport verwijzen.

De Nederlandse 'Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007' (Rbl 2007) geeft, behalve juridische informatie, praktische informatie over de rekenmethode. Het betreft gedetailleerde informatie over de locaties waarop en de wijze waarmee luchtkwaliteit met behulp van metingen en berekeningen moet worden vastgesteld. Voor de berekeningen met de standaardrekenmethoden voor luchtkwaliteit worden de relevante formules gegeven en de rekenstappen beschreven.

Het RIVM heeft op alle relevante punten de nieuwste ontwikkelingen aan de rekenregels uit de Rbl 2007 toegevoegd. Het gaat hierbij vooral om praktische keuzes die de afgelopen jaren nodig waren voor het gebruik van de standaardrekenmethoden.

In een separaat rapport worden de rekenregels in stedelijke situaties beschreven (standaardrekenmethode 1).

Kernwoorden: Standaardrekenmethode, Luchtkwaliteit, (niet stedelijke) wegen.

Synopsis

Technical description of Standard Calculation Method 2 (SRM-2)

In 2007 the Dutch government decided to calculate the impact of spatial planning on air quality by means of three standard calculation methods known as SRM-1, SRM-2 and SRM-3. A clear definition of the calculation rules of the standard methods was essential to ensure their correct use. The Ministry of Infrastructure and the Environment asked the Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) to set down in a report the technical rules for calculating the effects along roads and motorways (SRM-2). From now on the Ministry will refer to this report when dealing with SRM-2.

In addition to legal information, the Dutch 'Regulations for Air Quality Assessment 2007' (*Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007*, Rbl 2007) provide practical information about the calculation method. This consists of details of the locations where and the way in which air quality must be determined by means of measurements and calculations. The formulas and calculation steps are described for making calculations with the standard calculation methods for air quality.

RIVM added the very latest developments concerning all relevant items to the calculation rules in Rbl 2007. This consisted predominantly of the practical choices made over the past years to allow use of the standard calculation methods. A separate report describes the calculation rules applicable in urban situations (SRM-1).

Keywords: Standard calculation method, air quality, (non urban) roads.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave – 7

- 1 StandaardRekenMethode – 2 – 9**

- 2 Technische beschrijving SRM-2 – 11**
 - 2.1 Begrippen – 11
 - 2.2 Toepassingsbereik – 11
 - 2.3 Rekenmethode – 13
 - 2.4 Concentratiebijdrage verkeer – 17
 - 2.5 Interpolatie van de meteo – 24
 - 2.6 Grootschalige dubbeltellingcorrectie – 26
 - 2.7 Cumulatie concentratiebijdragen – 26

- 3 Validatie en onzekerheden – 31**
 - 3.1 Validatie in de periode 1988 - 2010 – 31
 - 3.2 Validatie na 2010 – 31

- 4 Literatuur – 33**

1 StandaardRekenMethode – 2

SRM-2 is bedoeld voor het berekenen van concentraties van verontreinigende stoffen in de buitenlucht bij (snel)wegen. Snelwegen die door bebouwd gebied gaan, vallen deels ook onder SRM-2.

De basis voor SRM-2 is in 1988 gelegd door windtunnelanalyses van Van den Hout en Baars (1988) bij TNO. Op basis van een gestructureerde metingen aan schematische situaties formuleerden zijn twee modellen voor luchtkwaliteit: het CAR model en het 'TNO Verkeersmodel'. Beide modellen bestaan, na veel updates en aanpassingen in essentie nog steeds, maar onder de namen standaardrekenmethoden 1 en 2. In de periode 2005-2006 heeft TNO een uitgebreide update van het 'TNO Verkeersmodel' uitgebracht onder de naam 'Pluim Snelweg'. Deze versie van het 'TNO Verkeersmodel' is aan het ministerie van VROM verstrekt om als basis te dienen voor het 'Meet- en rekenvoorschrift bevoegdheden luchtkwaliteit' (Mrv). Het Mrv trad eind 2006 in werking. In 2007 is het Mrv opgegaan in de eerste versie van de 'Regeling beoordeling luchtkwaliteit', Rbl 2007.

Sinds 2007 zijn er verschillende kleine wijzigingen in SRM-2 aangebracht. Het eindresultaat van alle wijzigingen is momenteel in de rekentool van de NSL-monitoring verwerkt. De NSL-rekentool (versie 2014) vormt dan ook een volledige implementatie van SRM-2. Bij de bouw van de rekentool is gebleken dat voor de implementatie in software soms details nodig waren en zijn die niet in de Rbl werden/worden gedekt. Voorbeelden zijn de keuze voor de locatie waarop de maatgevende ruwheid wordt gekozen, de maximale en minimale rekenafstanden, de wijze waarop resultaten van SRM-2 met die van andere berekeningen worden gecombineerd. In de loop der jaren zijn de belangrijkste aanvullende keuzes opgenomen in de Rbl. Het nu voorliggende document voegt daar weer enkele details aan toe. Met de laatste versie van de beschrijving van de Rbl zijn er echter nog steeds details die niet zijn geregeld. Zo kan het gebeuren dat verschillende implementaties van SRM-2 in software iets verschillende resultaten geven. In de rekentool wordt het programma VLW (Vermeulen, 2004) van het ECN als basis gebruikt. Voor tests van de resultaten van de rekentool gebruikt het RIVM een eigen implementatie van SRM-1 en SRM-2 (Wesseling, 2010). De resultaten van het eigen model verschillen in geringe mate van die van de rekentool. Eenzelfde soort van verschillen is ook in een benchmark van verschillende Nederlandse rekenmodellen voor luchtkwaliteit bij wegen gevonden (Nguyen, 2010). De verschillen zijn mogelijk omdat de beschrijving van de rekenmethode beperkte ruimte voor interpretatie laat.

Binnen het toepassingsbereik van SRM-2 vallen diverse varianten:

1. de mogelijke aanwezigheid en breedte (b) van een middenberm;
2. de configuratie van de rijbanen. De volgende configuraties zijn mogelijk:
 - a. één rijrichting, bestaande uit een of meerdere banen;
 - b. twee rijrichtingen, bestaande uit een of meerdere banen;

3. de mogelijke hoogteligging van de weg ten opzichte van het maaiveld;
4. de mogelijke aanwezigheid van schermen of wallen;
5. de mogelijke aanwezigheid van een tunnel, waarbij geldt dat zich geen openingen bevinden in de bovenkant of de zijkanten van de tunnel.

Voldoende afstand van een weg tot de bebouwing is een belangrijke voorwaarde voor gebruik van SRM-2. Hierbij moet worden opgemerkt dat de aanwezigheid van geluidsschermen deze afstand kan beperken omdat een geluidsscherm de stroming voor een groot deel beïnvloedt voordat de bebouwing invloed heeft

2 Technische beschrijving SRM-2

Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 8 november 2007, nr. LMV 2007.109578, houdende regels met betrekking tot het beoordelen van de luchtkwaliteit (Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007)

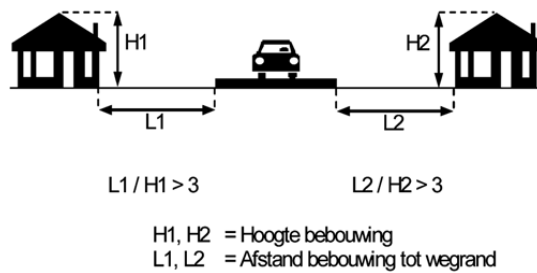
Dit hoofdstuk bevat de oorspronkelijke tekst van bijlage 2 uit de "Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007", verkregen via <http://wetten.overheid.nl/>, geldend op 01-11-2013. Er zijn verschillende details van de beschreven rekenmethode die niet in de Rbl werden gespecificeerd maar die wel van belang zijn voor de uitkomst van de rekenmethode. In de monitoringtool behorende bij het NSL zijn op deze punten in overleg met het ministerie van IenM keuzes gemaakt. In de monitoringtool worden sommige relaties uit de Rbl 2007 anders geformuleerd. Dit is vooral omdat de alternatieve formulering, hoewel in resultaat identiek, simpeler en minder foutgevoelig is. Waar relevant wordt kort stilgestaan bij de aanvullingen en alternatieve formuleringen.

2.1 Begrippen

| | |
|-------------------------------------|--|
| Bron: | een punt of gebied verantwoordelijk voor de emissie van luchtverontreinigende stoffen; |
| Pluimhoogte: | de hoogte van het verticale middelpunt van de pluim; |
| Rekenpunt: | het punt waar de luchtkwaliteit wordt berekend; |
| Rekenafstand: | de afstand tussen een bron en een rekenpunt; |
| Tracé: | een aaneenschakeling van wegvakken; |
| Verticale verspreidingscoëfficiënt: | een maat voor de verdunning van de concentraties van luchtverontreinigende stoffen; |
| Windroos: | dit is een kompasroos waarin de windrichtingen worden aangeduid; |
| Windsector: | een bereik van windrichtingen in de windroos; |
| Wegas: | lijn in het midden van een weg; |
| Wegsegment: | deel van een wegvak; |
| Wegvak: | deel van een weg waarvan de eigenschappen, die van invloed zijn op de concentraties van luchtverontreinigende stoffen, gelijk blijven. |

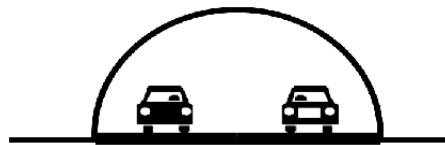
2.2 Toepassingsbereik

Standaardrekenmethode 2 is bedoeld voor het berekenen van concentraties van verontreinigende stoffen in de buitenlucht bij wegen. Bij toepassing van deze methode voldoet de beschouwde situatie aan de volgende voorwaarden:

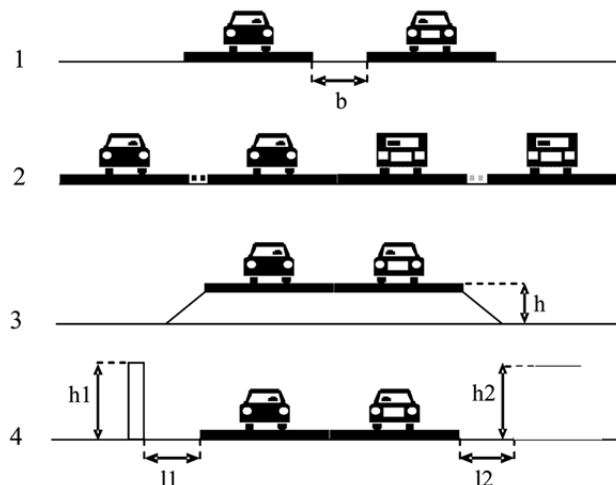


Binnen het toepassingsbereik vallen diverse varianten, welke per wegvak op basis van de volgende eigenschappen van elkaar zijn te onderscheiden (zie onderstaande figuur):

1. de aanwezigheid en breedte (b) van een middenberm;
2. de configuratie van de rijbanen. De volgende configuraties zijn mogelijk:
 - één rijrichting, bestaande uit één of meerdere banen;
 - twee rijrichtingen, bestaande uit één of meerdere banen;
3. de hoogteligging (h) van de weg ten opzichte van het maaiveld;
4. de aanwezigheid van schermen of wallen, de locatie (eenzijdig / tweezijdig), de hoogte (h1 of h2), en de afstand (l1 of l2) tot de wegrand, waarbij voor h een minimale waarde geldt van 1 meter en een maximale waarde 6 meter, en voor l een maximale waarde van 50 meter;



5. de aanwezigheid van een tunnel, waarbij geldt dat zich geen openingen bevinden in de bovenkant of zijkanten van de tunnel.



Figuur 1: Varianten wegeigenschappen

Binnen het toepassingsbereik van standaardrekenmethode 2 vallen ook wegvakken waarvoor geldt dat sprake is van een combinatie van de bovenstaande varianten, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van een

tunnel, in combinatie met een verdiepte ligging. Onderstaand enige voorbeelden van wegen die met SRM-2 kunnen worden doorgerekend.



2.3

Rekenmethode

Standaard rekenmethode 2 maakt het mogelijk om berekeningen uit te voeren voor:

- de jaargemiddelde concentraties voor zwaveldioxide, stikstofdioxide, stikstofoxide, zwevende deeltjes (PM_{2,5} en PM₁₀), lood en koolmonoxide;
- het aantal keren per jaar dat de vierentwintig-uurgemiddelde concentratie PM₁₀ hoger is dan de grenswaarde van 50 µg/m³;
- het 98-percentiel van de acht-uurgemiddelde concentratie koolmonoxide;
- het aantal maal dat de vierentwintig-uurgemiddelde concentratie zwaveldioxide hoger is dan de grenswaarde van 125 µg/m³;
- het aantal maal dat de uurgemiddelde concentratie stikstofdioxide hoger is dan de grenswaarde van 200 µg/m³.

a. Jaargemiddelde concentratie

Berekening voor zwaveldioxide, stikstofoxiden, zwevende deeltjes (PM_{2,5} en PM₁₀), lood en koolmonoxide. De jaargemiddelde concentratie wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{jm} = C_{a,jm} + C_{b,jm} \quad 1.1$$

met:

- C_{jm} : jaargemiddelde concentratie [µg/m³];
 $C_{a,jm}$: jaargemiddelde grootschalige concentratie [µg/m³];
 $C_{b,jm}$: jaargemiddelde van de concentratie bijdrage verkeer [µg/m³].

Voor de jaargemiddelde grootschalige concentratie wordt gebruik gemaakt van de gegevens bedoeld in artikel 66, van de regeling. Voor het berekenen van de jaargemiddelde concentratiebijdrage van het verkeer worden alle concentratiebijdragen per windsector vermenigvuldigd met de fractie van het jaar waarin sprake is van een bijdrage uit de desbetreffende windsector en vervolgens gesommeerd:

$$C_{b,jm} = \sum_{i=1}^N f_i \cdot C_{b,i} \quad 1.2$$

met:

- $C_{b,i}$: jaargemiddelde concentratie bijdrage verkeer uit windsector i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], zie paragraaf 2.4;
 N : aantal windsectoren [-]. Standaardrekenmethode 2 onderscheidt 12 windsectoren;
 f_i : fractie van de tijd waarbij sprake is van een bijdrage uit windsector i [-].

In deze methode kan de grootschalige concentratie worden gecorrigeerd voor dubbelstellingen, zie paragraaf 2.6.

Berekening voor stikstofdioxide

De berekening van de jaargemiddelde concentratie voor NO_2 geschiedt met behulp van formule 1.1, echter de jaargemiddelde concentratiebijdrage van het verkeer voor stikstofdioxide is afhankelijk van:

- de jaargemiddelde bijdrage door het verkeer aan de concentratie stikstofoxiden (NO_x). Deze wordt berekend zoals de overige stoffen, met formule 1.2;
- en de chemische reacties in de atmosfeer, onder invloed van ozon, waardoor een deel van de NO wordt omgezet in NO_2 .

De invloed van de chemische reacties dient te worden verdisconteerd voor een correcte berekening van de jaargemiddelde concentratie bijdrage. De jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer voor stikstofdioxide wordt bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$C_{b,i}[\text{NO}_2] = f_{\text{NO}_2} \cdot C_{b,i}[\text{NO}_x] + C_{a,i}[\text{O}_3] \cdot \frac{(1-f_{\text{NO}_2}) \cdot C_{b,i}[\text{NO}_x]}{(1-f_{\text{NO}_2}) \cdot C_{b,i}[\text{NO}_x] + K} \quad 1.3$$

Door de emissie uit te splitsen naar NO_2 en NO en de bijdragen voor beide componenten apart uit te rekenen kan de totale NO_2 bijdrage eenvoudiger worden geschreven:

$$C_{b,i}[\text{NO}_2] = f_{\text{NO}_2} \cdot C_{b,i}[\text{NO}_x] + C_{a,i}[\text{O}_3] \cdot \frac{C_{b,i}[\text{NO}]}{C_{b,i}[\text{NO}] + K} \quad 1.3a$$

met:

- $C_{b,i} [\text{NO}_2]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer aan NO_2 concentratie uit windsector i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
 $C_{b,i} [\text{NO}_x]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer aan NO_x concentratie uit windsector i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
 $C_{b,i} [\text{NO}]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer aan NO concentratie uit windsector i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
 $C_{a,i} [\text{O}_3]$: jaargemiddelde grootschalige concentratie ozon (O_3) uit

windsector i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; Hierbij wordt gebruik gemaakt van de gegevens bedoeld in artikel 66, van de regeling.

f_{NO_2} : gewogen fractie direct uitgestoten NO_2 [-];

K : empirisch bepaalde parameter voor de omzetting van NO naar NO_2 . De parameter voor K is empirisch vastgesteld en bedraagt 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Gewogen fractie direct uitgestoten NO_2 (f_{NO_2})

Voor de bepaling van de gewogen fractie direct uitgestoten NO_2 wordt met behulp van vergelijking 1.11 de emissie van zowel NO_2 (E_{NO_2}) als van NO_x (E_{NO_x}) bepaald. De gewogen fractie NO_2 volgt dan direct uit:

$$f_{\text{NO}_2} = \frac{E_{\text{NO}_2}}{E_{\text{NO}_x}}$$

Achtergrondwindroos

De voor de berekening benodigde jaargemiddelde grootschalige concentraties O_3 en NO_2 dienen per windsector met de toepasselijke geïnterpoleerde meteorologie te worden berekend.

b. Aantal etmaaloverschrijdingen PM_{10}

De grenswaarde voor de vierentwintig-uurgemiddelde concentratie PM_{10} is 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze grenswaarde mag maximaal 35 maal per jaar worden overschreden.

Het aantal dagen dat de vierentwintig-uurgemiddelde concentratie zwevende deeltjes (PM_{10}) hoger is dan de grenswaarde van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wordt berekend aan de hand van de totale jaargemiddelde concentratie zwevende deeltjes (PM_{10}). De formule die gebruikt wordt, is afhankelijk van de hoogte van de jaargemiddelde concentratie zwevende deeltjes (PM_{10}):

Indien $C_{\text{j m}} [\text{PM}_{10}] > 31,2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

$$OD_{\text{PM}_{10}} = 4,6128 \cdot C_{\text{j m}} [\text{PM}_{10}] - 108,92 \quad 1.4$$

Indien 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \leq C_{\text{j m}} [\text{PM}_{10}] \leq 31,2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

$$OD_{\text{PM}_{10}} = 0,13401 \cdot (C_{\text{j m}} [\text{PM}_{10}] - 31,2)^2 + 3,9427 \cdot (C_{\text{j m}} [\text{PM}_{10}] - 31,2) + 35 \quad 1.5$$

Indien $C_{\text{j m}} [\text{PM}_{10}] < 16$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

$$OD_{\text{PM}_{10}} = 6 \quad 1.6$$

met:

$C_{\text{j m}} [\text{PM}_{10}]$: jaargemiddelde concentratie zwevende deeltjes (PM_{10}), berekend met formule 1.1.

$OD_{\text{PM}_{10}}$: het aantal dagen dat de vierentwintig-uurgemiddelde concentratie PM_{10} hoger is dan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

c. Acht-uurgemiddelde concentratie koolmonoxide

Het resultaat van de concentratieberekening is voor koolmonoxide (CO) het 98-percentiel van acht-uurgemiddelde waarden. Het 98-percentiel

wordt berekend aan de hand van de jaar gemiddelde concentratie met de volgende formule:

$$C_{98p}[CO] = 2.5 \cdot C_{jm}[CO] + C_{a,98p}[CO] \quad 1.7$$

met:

- $C_{98p}[CO]$: 98-percentiel van CO (acht-uurgemiddelde) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
 $C_{jm}[CO]$: jaargemiddelde concentratie CO, berekend met formule 1.1.
 $C_{a,98p}[CO]$: 98-percentiel acht-uurgemiddelde grootschalige concentratie van CO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Voor de 98-percentiel acht-uurgemiddelde grootschalige concentratie wordt gebruik gemaakt van de gegevens, bedoeld in artikel 66, van de regeling.

d. Aantal etmaaloverschrijdingen zwaveldioxide

De grenswaarde voor de vierentwintig-uurgemiddelde concentratie zwaveldioxide (SO_2) is $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze grenswaarde mag maximaal 3 maal per jaar worden overschreden. Met onderstaande formules kan, op basis van de jaar gemiddelde concentratie zwaveldioxide, een berekening worden gemaakt van de 4 hoogste vierentwintig-uurgemiddelde concentraties zwaveldioxide ($C_{24m,\max}^i$):

$$C_{24m,\max}^i [\text{SO}_2] = K_i \cdot C_{jm} [\text{SO}_2]^{M_i} \quad i = [1..4] \quad 1.8$$

met:

- $C_{jm}[\text{SO}_2]$: jaargemiddelde concentratie zwaveldioxide (SO_2) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], berekend met formule 1.1;
 K_i, M_i : omrekenparameters voor de berekening van de ie hoogste vierentwintig-uurgemiddelde concentratie zwaveldioxide (SO_2) uit de jaar gemiddelde concentratie.

Waarden voor K_i, M_i

De omrekenparameters zijn als functie van i gegeven in onderstaande tabel:

| I | K_i [-] | M_i [-] |
|---|-----------|-----------|
| 1 | 7,71 | 0,867 |
| 2 | 6,66 | 0,871 |
| 3 | 5,80 | 0,896 |
| 4 | 5,11 | 0,922 |

e. Aantal uuroverschrijdingen stikstofdioxide

De grenswaarde voor de uurgemiddelde concentratie stikstofdioxide is $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze grenswaarde mag maximaal 18 maal per jaar worden overschreden. Met onderstaande formules kan, op basis van de jaargemiddelde concentratie stikstofdioxide, een berekening worden gemaakt van de 19 hoogste vierentwintig-uurgemiddelde concentraties stikstofdioxide:

$$C_{um,\max}^i [\text{NO}_2] = K_i + M_i \cdot C_{jm} [\text{NO}_2] \quad i = [1..19] \quad 1.9$$

met:

$C_{jm}[\text{NO}_2]$: jaargemiddelde concentratie stikstofdioxide (NO₂), berekend met formule 1.1;

K_i, M_i : omrekenparameters voor de berekening van de *i*e hoogste vierentwintig-uurgemiddelde concentratie stikstofdioxide (NO₂) uit de jaar gemiddelde concentratie.

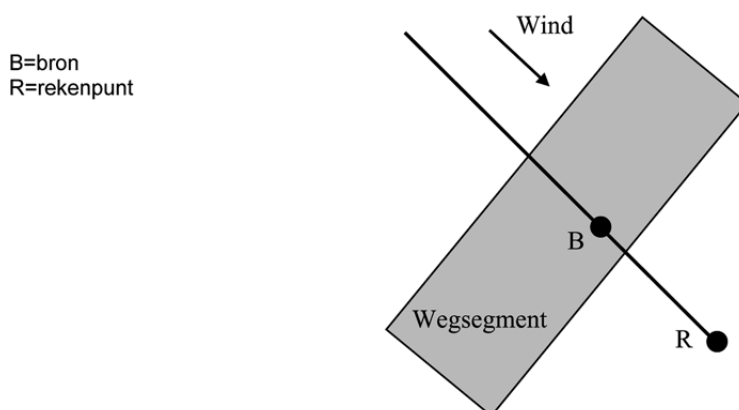
K_i, M_i

De omrekenparameters zijn gegeven in onderstaande tabel:

| I | K_i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | M_i [-] |
|----|------------------------------------|-----------|
| 1 | 45,1 | 2,88 |
| 2 | 42,4 | 2,72 |
| 3 | 41,0 | 2,58 |
| 4 | 39,6 | 2,51 |
| 5 | 38,7 | 2,45 |
| 6 | 38,5 | 2,38 |
| 7 | 38,1 | 2,33 |
| 8 | 37,8 | 2,29 |
| 9 | 37,7 | 2,25 |
| 10 | 37,7 | 2,20 |
| 11 | 37,8 | 2,17 |
| 12 | 37,9 | 2,13 |
| 13 | 37,9 | 2,10 |
| 14 | 37,9 | 2,08 |
| 15 | 37,6 | 2,06 |
| 16 | 37,6 | 2,04 |
| 17 | 37,4 | 2,02 |
| 18 | 37,4 | 2,00 |
| 19 | 37,3 | 1,98 |

2.4 Concentratiebijdrage verkeer

De berekeningen voor de concentratie bijdragen van het verkeer worden als volgt uitgevoerd. Binnen een bepaald studiegebied wordt een tracé gedefinieerd. Dit tracé wordt onderverdeeld in wegvakken en ten behoeve van de nauwkeurigheid van deze methode worden de wegvakken weer onderverdeeld in wegsegmenten. Aan elk wegvak kunnen de in paragraaf 2.2 genoemde eigenschappen worden toegekend. Onderstaande figuur illustreert een aantal definities welke in deze paragraaf worden gehanteerd:



Figuur 2: Betekenis en plaats van de gebruikte symbolen

Vanuit een zekere bron op positie (B) binnen het wegsegment, en een rekenpunt op locatie (R) binnen of buiten het wegsegment, wordt een denkbeeldige lijn BR getrokken. Op deze lijn wordt de verspreiding van de emissie Gaussisch verondersteld. Aan de hand van de richting van B tot R wordt bepaald tot welke windsector i de concentratie bijdrage $C_{b,i}$ van bron B aan de concentratie op rekenpunt R behoort. Deze bijdrage wordt, na toepassing van de smalle-pluim benadering, vervolgens berekend met behulp van de volgende pluimformule:

$$C_{b,i} = \frac{E d_w}{\sqrt{2\pi} \sigma_z C u \pi R_B / n} \cdot \exp\left[\frac{-(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad 1.10$$

met:

| | | |
|------------|---|--|
| E | : | de emissie per lengte-eenheid [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]; |
| d_w | : | de lengte van een wegsegment [m]; |
| RB | : | de afstand van de bron (B) tot het rekenpunt (R), de rekenafstand [m]; |
| σ_z | : | de verticale verspreidingscoëfficiënt [m]; |
| z | : | de hoogte van het rekenpunt [m]; |
| C | : | een ruwheidafhankelijke correctiefactor [-]; |
| U | : | de windsnelheid [m/s]; |
| n | : | het aantal windrichtingsectoren (minstens 12); |
| h | : | bronhoogte. |

Voor elk rekenpunt wordt deze berekening voor alle bronposities uitgevoerd.

In de praktijk kan niet voor willekeurig kleine waarden voor de bron-receptorafstand worden gerekend. Evenzo is het niet correct om voor willekeurig grote afstanden te rekenen. De maximum rekenafstand wordt mede bepaald door de afstand tot waar voor dubbelteling wordt gecorrigeerd, dat is tot drie kilometer. In de monitoringtool wordt de bijdrage van SRM2 wegen dan ook tot 3.5 kilometer van de weg berekend. Als minimumafstand wordt in de monitoringtool 10 meter aangehouden.

In de rekentool voor de monitoring van het NSL wordt niet met 12 maar met 36 sectoren voor de windrichting gerekend, dat is toegestaan. Het

aantal sectoren in de berekening heeft enige invloed op de berekende concentraties.

De variabelen d_w , R_B en z zijn eenduidig voor alle combinaties van bronposities en rekenpunten in te vullen. De emissie (E), de correctie factor (C), de verticale verspreidingscoëfficiënt (σz) en de windsnelheid (u) worden hieronder nader toegelicht.

Emissie (E)

De emissie door het verkeer wordt voor zwaveldioxide, stikstofdioxide, stikstofoxiden, zwevende deeltjes (PM_{2,5} en PM₁₀), lood en koolmonoxide berekend met behulp van de volgende formule:

$$E = N_v \cdot ((1 - (f_M + f_Z + f_b)) \cdot E_L + f_M \cdot E_M + f_Z \cdot E_Z + f_b \cdot E_b) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} \quad 1.11$$

In de tijd dat er veel met CAR/CAR-II werd gerekend, indertijd ook aan snelwegen, werden de aantallen vrachtwagens en bussen als fractie van de totale verkeersintensiteit gespecificeerd. In de monitoring van het NSL worden deze aantallen echter direct als aantallen vrachtwagens en bussen bijgehouden. Dit maakt het mogelijk om de emissieberekening eenvoudiger te formuleren:

$$E = (N_L \cdot E_L + N_M \cdot E_M + N_Z \cdot E_Z + N_b \cdot E_b) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600}$$

met:

| | | |
|-------|---|--|
| E | : | emissie [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]; |
| N_v | : | de totale verkeersintensiteit, het aantal voertuigen per etmaal; |
| f_M | : | fractie middelzware motorvoertuigen [-]; |
| N_M | : | het aantal middelzware motorvoertuigen = $f_M \cdot N_v$ [-]; |
| f_Z | : | fractie zware motorvoertuigen [-]; |
| N_Z | : | het aantal zware motorvoertuigen = $f_Z \cdot N_v$ [-]; |
| f_b | : | fractie bussen [-]; |
| N_b | : | het aantal bussen = $f_b \cdot N_v$ [-]; |
| F_L | : | fractie lichte voertuigen = $1 - f_M - f_Z - f_b$ [-]; |
| N_L | : | het aantal lichte voertuigen = $N_v - N_M - N_Z - N_b$ [-]; |
| E_L | : | emissiefactor voor een licht motorvoertuig [g/km]; |
| E_M | : | emissiefactor voor een middelzwaar motorvoertuig [g/km]; |
| E_Z | : | emissiefactor voor zwaar motorvoertuig [g/km]; |
| E_b | : | emissiefactor voor bussen [g/km]. |

De factor op het einde van de formules rekent de emissie van "gram per dag per kilometer" om naar "microgram per meter per seconde".

Bij het bepalen van de emissie wordt gebruik gemaakt van de gegevens bedoeld in artikel 66 van de regeling. Voor de bepaling van de fractie direct uitgestoten NO₂ wordt met behulp van formule 1.11 de emissie van zowel de NO₂ (E_{NO_2}) als van NO_x (E_{NO_x}) bepaald. De fractie NO₂ volgt dan direct uit:

$$f_{NO_2} = \frac{E_{NO_2}}{E_{NO_x}}$$

Voor een wegdeel dat direct aansluit op de uitrit van een tunnelbuis, die tenminste 100 meter lang is en waarbinnen sprake is van twee rijrichtingen, worden de emissies tot op een afstand van 20 meter van de uitrit van een tunnelbuis berekend met onderstaande formule:

$$E_{tm} = E + \frac{E_t \cdot L_t}{\#ut} \cdot \frac{1}{20} \quad 1.11a$$

met:

- E_{tm} : totale emissie per lengte-eenheid (µg.m-1.s-1) op het wegdeel binnen een afstand van 20 meter van de uitrit van een tunnelbuis.
- E : emissie per lengte-eenheid door verkeer op het wegdeel zelf (µg.m-1.s-1), zoals berekend met formule 1.11.
- E_t : emissie per lengte-eenheid door het verkeer in de tunnelbuis (µg.m-1.s-1), zoals berekend met formule 1.11.
- L_t : lengte van de tunnelbuis (m).
- #ut : aantal uitritten van de tunnelbuis [-].

Voor een wegdeel dat direct aansluit op de uitrit van een tunnelbuis, die tenminste 100 meter lang is en waarbinnen sprake is van één rijrichting, worden de emissies tot op een afstand van 100 meter van de uitrit van een tunnelbuis berekend met onderstaande formule:

$$E_{tm} = E + \frac{E_t \cdot L_t}{\#ut} \cdot \frac{1}{100} \quad 1.11b$$

Formule 1.11a en 1.11b gaan uit van een uniforme verdeling van de emissies in de tunnel over het aansluitende wegdeel. Bij het bepalen van de emissies op weggedelen die aansluiten op de inrit van een tunnelbuis of aansluiten op de uitrit van een tunnelbuis die korter is dan 100 meter, blijven de emissies door het verkeer in de tunnelbuis buiten beschouwing.

Correctiefactor (C)

De correctiefactor C corrigeert voor een aantal effecten en wordt berekend met de volgende formule:

$$C = C_{wind} * C_{meteo} * C_{etmaal} \quad 1.12$$

De correctie (C_{wind}) voor het snelheidsprofiel van de wind wordt berekend uit de hoogte van de pluim (z_p) en de gemiddelde stabiliteit van de atmosfeer. Voor de z_p wordt aangenomen dat deze gelijk is aan 75% van de verticale pluimspreiding: z_p= 0.75 σ_z.

$$C_{wind} = \frac{\ln\left(\frac{z_p}{z_0}\right) - \Psi\left(\frac{z_p}{L}\right) + \Psi\left(\frac{z_0}{L}\right)}{\ln\left(\frac{z_{10}}{z_0}\right) - \Psi\left(\frac{z_{10}}{L}\right) + \Psi\left(\frac{z_0}{L}\right)}$$

waarbij de correctie Ψ wordt gegeven door:

$$\Psi\left(\frac{z}{L}\right) = -17\left(1 - e^{-0,29\frac{z}{L}}\right)$$

De functie ψ is afhankelijk van de atmosferische stabiliteit door middel van de waarde van de te hanteren Monin-Obukhov lengte (L). De factor C_{meteo} corrigeert voor de effectieve omrekening van de ruweidslengte ter plaatse van Schiphol of Eindhoven naar de ruweidslengte waarbij wordt gerekend. De parameters zijn:

| Ruweidsklasse (m) | Afbakening ruweidsklasse (m) | L | $C_{\text{meteo, schiphol}}$ | $C_{\text{meteo, eindhoven}}$ |
|-------------------|------------------------------|-----|------------------------------|-------------------------------|
| 0,03 | < 0,055 | 60 | 0,7000 | 0,7000*0,95 |
| 0,10 | $\geq 0,055$ en < 0,17 | 60 | 0,7050 | 0,7050*0,95 |
| 0,30 | $\geq 0,17$ en < 0,55 | 100 | 0,6525 | 0,6525*0,95 |
| 1,00 | $\geq 0,55$ | 400 | 0,7400 | 0,7400*0,95 |

De correctiefactor C_{meteo} voor het verloop van de meteo over het etmaal corrigeert voor het feit dat een berekening over 24 individuele uren, met elk hun eigen emissie en meteo een ander resultaat geeft dan één enkele gemiddelde berekening voor die 24 uren. De emissies van verkeer zijn bijvoorbeeld overdag het hoogst terwijl de windsnelheid gemiddeld overdag hoger is dan in de nacht. De waarde van de correctie is in alle gevallen constant:

$$C_{\text{etmaal}} = 1.15$$

De factor C_{meteo} is opgebouwd uit twee delen, een omrekening van de ruweid op Schiphol, respectievelijk Eindhoven, naar die op de rekenlocatie en een factor die uit een ijking van de rekenmethode is bepaald, $C_{\text{meteo}} = C_{\text{ruweid}} * C_{\text{ijking}}$. Bij een gemiddelde ruweid van 8 centimeter voor Schiphol, is de opbouw van de factor $C_{\text{meteo, Schiphol}}$ als volgt:

| Ruweidsklasse (m) | Afbakening ruweidsklasse (m) | C_{ruweid} | C_{ijking} | $C_{\text{meteo, schiphol}}$ |
|-------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 0,03 | < 0,055 | 1,05 | 0,667 | 0,7000 |
| 0,10 | $\geq 0,055$ en < 0,17 | 0,99 | 0,712 | 0,7050 |
| 0,30 | $\geq 0,17$ en < 0,55 | 0,91 | 0,717 | 0,6525 |
| 1,00 | $\geq 0,55$ | 0,77 | 0,961 | 0,7400 |

Indien bij het interpoleren van de meteorologische gegevens al een omrekening van de ruweid ter plaatse van de bepaling van de meteorologie naar de ruweid ter plaatse van de berekening wordt toegepast, dient deze correctie niet nogmaals te worden uitgevoerd. In dat geval dient bij het rekenen te worden uitgegaan van een aangepaste correctiefactor waarbij $C_{\text{ruweid}} = 1$, dus $C_{\text{meteo, Schiphol}} = C_{\text{ijking}}$ met de waarden voor C_{ijking} zoals in de tabel vermeld. $C_{\text{meteo, Eindhoven}}$ dient op overeenkomstige wijze te worden berekend.

Verticale verspreidingscoëfficiënt (σ_z)

De verticale verspreidingscoëfficiënten zijn gefit aan de resultaten van berekeningen met het Nieuw Nationaal Model. De formules zijn als volgt:

$$\sigma_z = \frac{a \cdot R_b^b}{f(R_b)} + \sigma_{z0} \quad 1.13$$

met een aanpassing voor grotere afstanden:

$$f(R_b) = 1 + 0.5 * (1 - e^{-(R_b/2800)^2})$$

De parameters zijn:

| Ruwheidsklasse (m) | Afbakening ruwheidsklasse (m) | a | b |
|--------------------|-------------------------------|--------|--------|
| 0,03 | < 0,055 | 0,2221 | 0,6574 |
| 0,10 | ≥ 0,055 en < 0,17 | 0,2745 | 0,6688 |
| 0,30 | ≥ 0,17 en < 0,55 | 0,3613 | 0,6680 |
| 1,00 | ≥ 0,55 | 0,7054 | 0,6207 |

Initiële verticale dispersie

De startwaarde voor de verticale dispersie $\sigma_{z,0}$ hangt zagezegd af van het type omgeving:

- buiten de bebouwde kom, de weg is geen autosnelweg: $\sigma_{z,0} = 2,5$ [m];
- buiten de bebouwde kom, de weg is een autosnelweg: $\sigma_{z,0} = 3$ [m].

Op het moment dat het wegvak verhoogd of verdiept ligt ten opzichte van het maaiveld, wordt $\sigma_{z,0}$ afhankelijk van het type verhoging of verdieping gecorrigeerd:

- dijk of wal met zeer vlakke zijanten (hoek kleiner dan 20°): Er wordt geen correctie bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld;
- dijk of wal met vlakke zijanten (hoek groter of gelijk aan 20° maar kleiner dan 45°): Er wordt h/4 bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij h de hoogte van de dijk is;
- dijk of wal met scherpe zijanten (hoek groter dan of gelijk aan 45°): Er wordt h/2 bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij h de hoogte van de dijk is;
- viaduct: Er wordt h bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij h de hoogte van het viaduct is;
- tunnelbak: Er wordt d/2 bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij d de diepte van de tunnelbak is.

In de implementatie van de rekentool van de NSL monitoring in 2014 wordt hoogte standaard geïnterpreteerd als behorend bij een dijk of wal met scherpe zijanten. Indien het de bedoeling is om een andere situatie te modelleren dan moet in de invoer de hoogte zodanig worden aangepast dat netto met de goede verdunning wordt gerekend. Voorbeeld: bij invoer voor een dijk of wal met vlakke zijanten met een feitelijke hoogte van 4 meter zou een hoogte van 2 meter in de invoer moeten worden opgenomen. In dat geval wordt de initiële spreiding met 1 meter opgehoogd, hetgeen bij de feitelijke situatie past. In de invoer

voor de rekentool bestaat overigens de mogelijkheid om commentaar op te nemen om afwijkende invoer te motiveren.

Op het moment dat er aan één of twee zijden op een afstand kleiner dan 50 meter van de wegrand een scherm of wal met een hoogte van ten minste 1 meter aanwezig is, wordt $\sigma_{z,0}$ nogmaals gecorrigeerd, afhankelijk van de configuratie:

- aan de linker- of rechterzijde een scherm: Er wordt $h/2$ bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij h de hoogte van het scherm is;
- aan de linker- en rechterzijde een scherm: Er wordt $(h_1+h_2)/2$ bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij h_1 en h_2 de hoogten van de schermen zijn;
- aan de linker- of rechterzijde een wal: Er wordt $h/4$ bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij h de hoogte van de wal is;
- aan de linker- en rechterzijde een wal: Er wordt $(h_1+h_2)/4$ bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld, waarbij h_1 en h_2 de hoogten van de wallen zijn;
- aan de ene zijde een wal met hoogte h_1 , aan de andere zijde een scherm met hoogte h_2 : Er wordt $h_1/4+h_2/2$ bij $\sigma_{z,0}$ opgeteld.

De maximale hoogte voor een wal of scherm is 6 meter. Grotere hoogtes worden op deze waarde gelimiteerd.

Windsnelheid (u)

In plaats van voor elke combinatie van windsector en windsnelheidsklasse de dispersie uit te rekenen kan ook direct een gewogen snelheid worden gebruikt. De voor de dispersieberekening te gebruiken windsnelheid volgt voor iedere windrichtingsector uit de frequenties van voorkomen van de geclassificeerde windsnelheden en wordt met behulp van de gegevens bedoeld in artikel 66, van de regeling berekend met de volgende formule:

met:

$$u_{sector}[\alpha] = \frac{f_{\alpha,1} + f_{\alpha,2} + f_{\alpha,3}}{\frac{f_{\alpha,1} \cdot c_1}{1,45} + \frac{f_{\alpha,2} \cdot c_2}{4} + \frac{f_{\alpha,3} \cdot c_3}{8}} \quad 1.14$$

- α : de hoek van de windsector in de windroos [°] waarbij de start van de eerste windsector naar keuze mag liggen op -15 graden of op 0 graden;
- $f_{\alpha,1}$: frequentie van voorkomen van windsnelheid klasse 1 [h-1];
- $f_{\alpha,2}$: frequentie van voorkomen van windsnelheid klasse 2 [h-1];
- $f_{\alpha,3}$: frequentie van voorkomen van windsnelheid klasse 3 [h-1];
- c_1 : correctie factor windsnelheid klasse 1 voor de nachtelijke uren [-]. $c_1 = 0,8$;
- c_2 : correctie factor windsnelheid klasse 2 voor de nachtelijke uren [-]. $c_2 = 1,0$;
- c_3 : correctie factor windsnelheid klasse 3 voor de nachtelijke uren [-]. $c_3 = 1,1$.

De drie windsnelheid klassen zijn:

1. windsnelheden van 0 tot en met 2,75 m/s;
2. windsnelheden van 2,75 tot en met 5,75 m/s;
3. windsnelheden groter dan 5,75 m/s.

2.5 Interpolatie van de meteo

De classificatie van de windsnelheden en -richtingen dient te gebeuren op basis van uurlijkse gegevens. Hiervoor dienen de uurlijks gemeten windsnelheden en -richtingen op Schiphol en Eindhoven te worden geïnterpoleerd voor de rekenlocatie. De windrichting wordt voor alle locaties in Nederland per uur gemiddeld met als weegfactoren de kwadraten van de afstanden tot de twee meteolocaties. De uurlijkse windsnelheden dienen (via een tussenstap naar de windsnelheid op 60 meter hoogte) te worden omgerekend van de ruwheid ter plaatse van de meteolocaties naar de ruwheid op het rekenpunt. De ruwheid op de locaties van Schiphol en Eindhoven is richtingafhankelijk. De ruwheden zijn daarbij gelijk aan de ruwheden die worden gebruikt in standaardrekenmethode 3, de rekenmethode van het Nieuw Nationaal Model (Uitgave 1998, ISBN 90-76323-003). In onderstaande tabel zijn de waarden voor deze ruwheden opgenomen.

De windsnelheid wordt per uur gemiddeld met als weegfactoren de loodrechte afstanden van het rekenpunt tot de twee lijnen door de locaties van Schiphol en Eindhoven met een richtingscoëfficiënt van 1.21. Voor alle locaties die westelijk van de lijn door Schiphol liggen worden de uurlijkse windsnelheden van Schiphol genomen, gecorrigeerd voor ruwheid. Voor alle locaties die oostelijk van de lijn door Eindhoven liggen worden de uurlijkse windsnelheden van Eindhoven genomen, gecorrigeerd voor ruwheid.

Voor de bepaling van de meteoroloog kan bij de interpolatie van de windsnelheid zowel van een neutrale atmosfeer worden uitgegaan als van de stabiliteitsafhankelijkheid die in standaardrekenmethode 3 wordt gehanteerd. De correctiefactoren ($C_{\text{meteo,schiphol}}$ en $C_{\text{meteo,eindhoven}}$) worden ook geïnterpoleerd met als weegfactoren de kwadraten van de afstanden tot de loodrechte afstanden van het rekenpunt tot de twee lijnen door de locaties van Schiphol en Eindhoven met een richtingscoëfficiënt van 1.21.

| Windrichting (°) | Ruwheid (z0) in meters | | | |
|------------------|------------------------|-----------------|--------------|----------------|
| | Eindhoven oud | Eindhoven nieuw | Schiphol oud | Schiphol nieuw |
| 0 | 0,057 | 0,100 | 0,075 | 0,238 |
| 10 | 0,057 | 0,100 | 0,075 | 0,238 |
| 20 | 0,132 | 0,092 | 0,085 | 0,137 |
| 30 | 0,132 | 0,092 | 0,085 | 0,137 |
| 40 | 0,169 | 0,145 | 0,085 | 0,079 |
| 50 | 0,169 | 0,145 | 0,085 | 0,079 |
| 60 | 0,397 | 0,198 | 0,075 | 0,086 |
| 70 | 0,397 | 0,198 | 0,075 | 0,086 |
| 80 | 0,480 | 0,406 | 0,075 | 0,102 |
| 90 | 0,480 | 0,406 | 0,075 | 0,102 |
| 100 | 0,284 | 0,391 | 0,060 | 0,079 |
| 110 | 0,284 | 0,391 | 0,060 | 0,079 |
| 120 | 0,250 | 0,155 | 0,032 | 0,072 |
| 130 | 0,250 | 0,155 | 0,032 | 0,072 |
| 140 | 0,085 | 0,117 | 0,057 | 0,048 |
| 150 | 0,085 | 0,117 | 0,057 | 0,048 |
| 160 | 0,169 | 0,165 | 0,032 | 0,053 |
| 170 | 0,169 | 0,165 | 0,032 | 0,053 |
| 180 | 0,221 | 0,176 | 0,032 | 0,048 |
| 190 | 0,221 | 0,176 | 0,032 | 0,048 |
| 200 | 0,114 | 0,108 | 0,049 | 0,048 |
| 210 | 0,114 | 0,108 | 0,049 | 0,048 |
| 220 | 0,085 | 0,126 | 0,064 | 0,065 |
| 230 | 0,085 | 0,126 | 0,064 | 0,065 |
| 240 | 0,169 | 0,222 | 0,060 | 0,065 |
| 250 | 0,169 | 0,222 | 0,060 | 0,065 |
| 260 | 0,320 | 0,316 | 0,075 | 0,053 |
| 270 | 0,320 | 0,316 | 0,075 | 0,053 |
| 280 | 0,341 | 0,391 | 0,130 | 0,094 |
| 290 | 0,341 | 0,391 | 0,130 | 0,094 |
| 300 | 0,284 | 0,360 | 0,169 | 0,137 |
| 310 | 0,284 | 0,360 | 0,169 | 0,137 |
| 320 | 0,198 | 0,247 | 0,142 | 0,251 |
| 330 | 0,198 | 0,247 | 0,142 | 0,251 |
| 340 | 0,169 | 0,145 | 0,142 | 0,278 |
| 350 | 0,169 | 0,145 | 0,142 | 0,278 |

2.6 Grootschalige dubbeltellingcorrectie

Dubbeltellingen ontstaan wanneer de bijdrage van een individuele weg (of andere bron) aan de grootschalige concentratie significant is. Een exacte correctie hiervoor kan worden uitgevoerd met behulp van de dubbeltellingcorrectiegegevens die de Minister jaarlijks ingevolge artikel 66, onder g en h, bekend maakt.

Bij deze correctiegegevens is rekening gehouden met de bijdrage van het verkeer op hoofdwegen tot op drie gridcellen van het grid waarop de correctiewaarde betrekking heeft. Het is dus een correctiefactor voor de lokale bijdrage van het verkeer op hoofdwegen. Voor de grootschalige bijdrage van de snelwegen wordt niet gecorrigeerd. Deze bijdrage blijft altijd deel uitmaken van de achtergrondwaarden.

Wanneer met een rekenmodel de jaargemiddelde concentraties NO₂ langs een snelweg worden berekend, dient te worden gerekend met achtergrondconcentraties NO₂ en ozon die zijn verminderd met de correctiewaarden voor NO₂ en ozon. Voor ozon zijn de correctiewaarden negatief. In een snelwegberekening wordt daardoor gerekend met een iets hogere ozonconcentratie dan zonder dubbeltellingcorrectie het geval zou zijn.

Omdat in de correctiewaarde in een bepaalde gridcel de verkeersbijdrage tot op drie gridcellen is meegenomen, zal bij een luchtkwaliteitberekening langs een wegvak in één bepaalde gridcel, de bijdrage van de snelwegen tot op drie gridcellen van dit wegvak moeten worden meegenomen. De correctiewaarde voor de dubbeltelling wordt uniform en isotroop in rekening gebracht: de correctiewaarde is voor alle windrichtingen gelijk aan de nominale waarde die de Minister jaarlijks ingevolge artikel 66, onder g en h, bekend maakt.

2.7 Cumulatie concentratiebijdragen

Cumulatie etmaaloverschrijdingen PM₁₀

Bij het bepalen van de cumulatie van het aantal dagen met overschrijding van de grenswaarden voor de vierentwintig-uurgemiddelde concentratie PM₁₀ als gevolg van de bijdrage door wegverkeer en inrichtingen, wordt de volgende werkwijze gevolgd:

1. Het aantal overschrijdingsdagen op het rekenpunt als gevolg van de grootschalige achtergrondconcentratie en de bijdrage van inrichtingen, wordt berekend met standaardrekenmethode 3 (zie artikel 75) of een andere methode die is goedgekeurd door de Minister (zie artikel 74 en 75).
2. De bijdrage van een wegdeel aan het aantal overschrijdingsdagen op het rekenpunt wordt afgeleid van de jaargemiddelde concentratiebijdrage PM₁₀ door het verkeer op dit wegdeel. Daarbij wordt uitgegaan van de volgende vergelijking:

$$ODV_{PM10} = 4,6128 C_{b,jm}[PM10] \quad 1.16$$

met:

ODV PM10: het aantal dagen dat de 24-uurgemiddelde concentratie PM10

hoger is dan 50 µg/m³ als gevolg van verkeer;

$C_{b,jm}[PM10]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage PM10 door verkeer, zoals berekend met vergelijking 1.2.

3. Het totaal aantal overschrijdingsdagen op het rekenpunt wordt berekend door het afgeleide aantal overschrijdingsdagen door het wegverkeer (stap 2) op te tellen bij het berekende aantal overschrijdingsdagen als gevolg van de inrichtingen en de achtergrondconcentraties (stap 1).

Cumulatie concentratiebijdragen NO₂ van SRM1- en SRM2-wegen

Indien de met SRM1 berekende NO_x-bijdrage op een SRM1-locatie groter is dan 0.049 µg/m³, moeten de volgende stappen worden doorlopen om te komen tot een cumulatie van de NO₂-concentratiebijdragen van wegen die binnen het toepassingsbereik van standaardrekenmethode 1 vallen (SRM1-wegen) en de NO₂-concentratiebijdragen van wegen die binnen het toepassingsbereik van standaardrekenmethode 2 vallen (SRM2-wegen):

1. Bepalen NO-concentratiebijdragen van zowel de SRM1- als de SRM2-wegen.

Indien de NO-concentratiebijdrage niet beschikbaar is en de NO_x-concentratiebijdrage en de fractie direct uitgestoten NO₂ wel beschikbaar zijn, dan volgen NO-concentratiebijdragen uit de volgende vergelijkingen:

$$C_{b,jm,SRM1}[NO] = (1 - f_{NO_2,SRM1}) \cdot C_{b,jm,SRM1}[NO_x] \quad 1.18a$$

met:

$C_{b,jm,SRM1}[NO]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer op SRM1-wegen aan NO-concentratie [µg/m³].

$f_{NO_2,SRM1}$: gewogen fractie direct uitgestoten NO₂ op SRM1-wegen [-]: zie paragraaf 6.

$C_{b,jm,SRM1}[NO_x]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer op SRM1-wegen aan NO_x-concentratie [µg/m³].

$$C_{b,jm,SRM2}[NO] = (1 - f_{NO_2,SRM2}) \cdot C_{b,jm,SRM2}[NO_x] \quad 1.18b$$

met:

$C_{b,jm,SRM2}[NO]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer op SRM2-wegen aan NO-concentratie [µg/m³].

$f_{NO_2,SRM2}$: gewogen fractie direct uitgestoten NO₂ op SRM2-wegen [-]: zie paragraaf 6.

$C_{b,jm,SRM2}[NO_x]$: jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer op SRM2-wegen aan NO_x-concentratie [µg/m³].

2. Berekenen van de equivalente NO-bijdrage voor de SRM2-wegen op basis van de volgende vergelijkingen:

$$C_{b,jm,SRM2,eq}[NO] = \frac{\epsilon}{1-\epsilon} \cdot K \quad 1.18c$$

en

$$\epsilon = \frac{C_{b,jm,SRM2}[NO]}{C_{b,jm,SRM2}[NO] + K} \cdot \frac{1}{B} \quad 1.18d$$

met:

$C_{b,jm,SRM2,eq}[NO]$: equivalente jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer op SRM2-wegen aan NO-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

K: constante 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

B: constante 0,6 [-].

3. Optellen van de equivalente NO-bijdrage voor SRM2-wegen bij de NO-concentratiebijdrage van de SRM1-wegen.

$$C_{b,jm,totaal}[NO] = C_{b,jm,SRM1}[NO] + C_{b,jm,SRM2,eq}[NO] \quad 1.18e$$

$C_{b,jm,totaal}[NO]$: gesommeerde jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer op SRM1-wegen en SRM2-wegen aan NO-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

4. Berekenen van de NO₂-concentratiebijdrage op basis van de gesommeerde NO-bijdrage op basis van de volgende vergelijking:

$$C_{cb,jm}[NO_2] = \frac{B \cdot C_{a,jm}[O_3] \cdot C_{b,jm,totaal}[NO]}{C_{b,jm,totaal}[NO] + K} \quad 1.18f$$

met:

$C_{cb,jm}[NO_2]$: jaargemiddelde conversiebijdrage verkeer aan NO₂-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

$C_{a,jm}[O_3]$: jaargemiddelde grootschalige concentratie ozon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]: hierbij wordt gebruik gemaakt van de gegevens bedoeld in artikel 66, onder a, b, g en h, van de regeling.

5. Berekenen van de totale gecumuleerde NO₂-concentratiebijdrage op basis van de volgende vergelijking:

$$C_{b,jm,totaal}[NO_2] = C_{db,jm,SRM1}[NO_2] + C_{db,jm,SRM2}[NO_2] + C_{cb,jm}[NO_2] \quad 1.18g$$

met:

$C_{b,jm,totaal}[NO_2]$: totale gecumuleerde jaargemiddelde bijdrage verkeer aan NO₂-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

$C_{db,jm,SRM1}[NO_2]$: jaargemiddelde bijdrage direct uitgestoten NO₂ door verkeer op SRM1-wegen aan NO₂-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

$C_{db,jm,SRM2}[NO_2]$: jaargemiddelde bijdrage direct uitgestoten NO₂ door verkeer op SRM2-wegen aan NO₂-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

De jaargemiddelde bijdrage direct uitgestoten NO₂ door verkeer op SRM1- en SRM2-wegen aan NO₂-concentraties wordt berekend op basis van onderstaande vergelijking:

$$C_{db,jm,SRM1}[NO_2] = f_{NO_2,SRM1} \cdot C_{b,jm,SRM1}[NO_x] \quad 1.18h$$

$C_{b,jm,SRM1}[NO_x]$: jaargemiddelde bijdrage verkeer op SRM1-wegen aan NO_x-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

$$C_{db,jm,SRM2}[NO_2] = f_{NO_2,SRM2} \cdot C_{b,jm,SRM2}[NO_x] \quad 1.18i$$

$C_{b,jm,SRM2}[NO_x]$: jaargemiddelde bijdrage verkeer op SRM2-wegen aan NO_x-concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Cumulatie concentratiebijdragen NO₂ van SRM2-wegen en andere bronnen

In het rapport over SRM-1 (Velze, 2014) wordt uitgebreid stilgestaan bij cumulatie van NO₂ bijdragen van verschillende soorten bronnen. Voor alle gevallen dat er geen cumulatierregels zijn voor de combinatie van NO₂ bijdragen van verschillende bronnen, worden de NO₂ bijdragen lineair opgeteld. Eventuele concurrentie om de hoeveelheid beschikbaar ozon wordt hierbij verwaarloosd. Als gevolg van deze benadering wordt de totale hoeveelheid NO₂ iets overschat.

3 Validatie en onzekerheden¹

3.1 Validatie in de periode 1988 - 2010

De in 2006 geïntroduceerde SRM-2, is sterk gebaseerd op het model Pluim Snelweg van TNO uit 2006. Bij de bouw van Pluim Snelweg zijn de resultaten van het model vergeleken met zowel veldmetingen als met windtunnelmetingen (Wesseling en Zandveld, 2006a en 2006b). In totaal zijn de resultaten van het model met zeven testsets vergeleken. Ook zijn de resultaten vergeleken met die van het Nieuw Nationaal Model. De vergelijkingen en resultaten zijn in de handleiding van Pluim Snelweg beschreven.

In het kader van onderzoek naar de mogelijke invloed van vegetatie op de luchtkwaliteit zijn metingen langs de A2 bij Nieuwegein vergeleken met berekeningen door TNO met Pluim Snelweg (Bloemen, 2007). De concentratieverdeling aan weerszijden van de snelweg kon redelijk goed worden gereproduceerd.

Bij de metingen is ook gekeken naar de invloed van een groot gebouw op korte afstand van de snelweg, hoewel de directe omgeving van het gebouw buiten het toepassingsbereik van SRM-2 valt. De invloed van hoge gebouwen is in de studie zeer complex gebleken en kan leiden tot hogere gemeten concentraties stikstofdioxide aan de lizijde van het gebouw, in dit geval tot circa 5 µg/m³.

In 2010 heeft het RIVM in een benchmark de resultaten van vijf verschillende rekenmodellen langs snelwegen met elkaar vergeleken (Nguyen, 2010). Een van de deelnemende modellen betrof het Engelse model ADMS-Urban dat in Engeland ook uitgebreid met metingen is vergeleken (CERC, 2011). De uitkomsten van berekende bijdragen van stikstofdioxide en fijn stof lopen in stedelijk gebied tot 35% uiteen. Voor een complexe stedelijke situatie, maar wel binnen het toepassingsbereik van de methode, bedraagt de spreiding in de modelresultaten tot circa 3-4 µg/m³. Voor die situaties waren geen metingen beschikbaar om de modelresultaten mee te vergelijken. Buiten de steden liggen de resultaten van de modellen voor beide stoffen dicht bij elkaar, met een spreiding van circa 15%. Van één locatie (Breukelen) zijn ook metingen beschikbaar. De met de modellen berekende concentraties voor die locatie komen goed overeen met de gemeten waarde.

3.2 Validatie na 2010

Op verzoek van het ministerie van IenM heeft het RIVM in 2013 ruim 400 metingen aan NO₂-concentraties in 2010 en 2011 vergeleken met (met standaardrekenmethoden-1 en -2) berekende concentraties. Hierbij is geconcludeerd dat de onzekerheid in een enkele berekening aanzienlijk is. Gemiddeld liggen de berekende concentraties echter dicht bij de gemeten waarden. De overeenkomst is zo goed dat de verschillen gemiddeld kleiner zijn dan de onzekerheden daarin (Wesseling 2013).

¹ Enkele teksten uit dit rapport zijn gedeeltelijk overgenomen uit Wesseling en anderen, "Gemeten en berekende (NO₂) concentraties in 2010 en 2011; Een test van de standaardrekenmethoden 1 en 2", RIVM Rapport 680705027/2013

De overeenkomst tussen de gemeten en berekende NO₂-concentraties op SRM-2 locaties is niet slecht, zeker niet bij de hogere concentraties. Bij die hogere concentraties, boven 40 ug/m³ is er een goede overeenkomst tussen gemeten en berekende concentraties. Bij 40 ug/m³ is er gemiddeld sprake van een onderschatting door de rekenmethode van 0.9 ug/m³. Dit verschil is niet significant. Het aantal beschikbare metingen op SRM-2 locaties in stedelijk gebied is echter beperkt en de spreiding en onzekerheid zijn groot. Deze locaties zijn apart geanalyseerd. Gemiddeld zijn de resultaten van SRM-2 in deze complexe situaties bevredigend. Bij de grenswaarde onderschatten de berekeningen de metingen in dit geval met circa anderhalve ug/m³. Dit verschil is statistisch niet significant.

Uit het toepassingsbereik van SRM-2 volgt dat de methode op locaties die zeer dicht bij gebouwen langs SRM-2 wegen liggen niet mag worden toegepast. In dergelijke situaties, maar ook bij complexe bebouwing, is het raadzaam om windtunnelmetingen in te zetten aangezien die veel beter met de invloed van gebouwen om kunnen gaan dan rekenmethoden.

Voor de passieve meetpunten van het RIVM (2010 en 2011) langs het hoofdwegennet kunnen de gemeten en berekende lokale verkeersbijdragen met elkaar worden vergeleken. De gemeten en berekende wegbijdragen verschillen hier gemiddeld slechts enkele procenten van elkaar, de verschillen zijn kleiner dan de onzekerheid erin. De onzekerheden zijn echter fors en per individuele locatie treden er aanzienlijke verschillen op.

4 Literatuur

Amsterdam, Amsterdam, Rechtbank Amsterdam, Zaaknummer AMS 12/6259 en AMS 13/106 (ECLI:NL:RBAMS:2014:136), 17-01-2014

Bloemen, H.J.Th., Uiterwijk, W., Putten, E. van en Wesseling, J., De invloed van bebouwing en vegetatie op luchtkwaliteit, RIVM Rapport 729999003/2007.

CERC, zie <http://www.cerc.co.uk/environmental-software/model-documentation.html#validation>, 2011.

Hout, K.D. van den en Baars, H.P. 1988. Ontwikkeling van twee modellen voor de verspreiding van luchtverontreiniging door verkeer: het TNO-Verkeersmodel en het CAR Model. TNO rapport R88/192.

Nguyen, L., Wesseling, J.P., Benchmark snelwegenmodellen Resultaten van de vergelijking in 2010, RIVM rapport 680705016/2010.

Rotterdam, Rechtbank Rotterdam, Zaaknummer ROT 13/343, ROT 13/116 en ROT 13/2280 (ECLI:NL:RBROT:2013:9074), 21-11-2013.

Uiterwijk, W., Wesseling, J. en Nguyen, L., Een vergelijking tussen (passieve) NO₂- metingen en rekenresultaten in 2010, RIVM Rapport 680705020/2011, 2011.

Vermeulen A.T., G.J. de Groot, J.P. Wesseling, J.J. Erbrink, K. Hollander, "Het VLW model; Vergelijking en afstemming van het VLW met het Kema-Verkeersmodel NNM+ en het TNO-Verkeersmodel", ECN rapport ECN-C--04-003, 2004.

Wesseling, J.P. en Zandveld, P.Y.J., 2006a. HEAVEN 2.0 en Verkeersmodel 6.0. TNO Rapport 2006-A-R0029/C.

Wesseling, J.P. en Zandveld, P.Y.J., 2006b. Pluim Snelweg; (Verkeersmodel 6.1). TNO Rapport 2006-A-R0065/A.

Wesseling, J., Nguyen, L., 2010, "Een toets van standaardrekenmethodes voor berekeningen aan luchtkwaliteit in de Monitoring van het NSL", RIVM Briefrapport 680705017/2010

Wesseling J.P. et al. "Gemeten en berekende (NO₂) concentraties in 2010 en 2011; Een test van de standaardrekenmethoden 1 en 2", RIVM Rapport 680705027/2013

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag