

RIVM rapport 680705001/2007

**De bijdrage van een kassencomplex aan de
stikstofdioxideconcentratie**

J.P. Wesseling, F.J. Sauter

Contact:

J.P. Wesseling

Laboratorium voor Milieumetingen

Joost.Wesseling@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van VROM, in het kader van project 680705, project stedelijke luchtkwaliteit.

Rapport in het kort

De bijdrage van een kassencomplex aan de stikstofdioxideconcentratie

Op verzoek van het ministerie van VROM heeft het RIVM de gebiedsgemiddelde bijdrage van één of meerdere kassen aan de stikstofdioxideconcentratie in het jaar 2007 vastgesteld. Voor een enkele kas ter grootte van 2 ha is de lokale concentratiebijdrage volgens nieuwe wetgeving zodanig dat de kas net niet 'in betekende mate' bijdraagt aan de lokale luchtkwaliteit.

Het ministerie heeft er voor gekozen om de concentratiebijdrage voor twee bedrijfsgroottes te laten bepalen: een kas van 2 ha groot en een kas van 3 ha groot. De kenmerken van de kassen zijn door het ministerie vastgesteld. In het kader van wettelijke toetsing is middeling van de concentraties over een gebied van 250x250 m² relevant. Voor gebruik binnen het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit zijn de bijdrage in een gebied van 1x1 km² van belang. Op basis van berekeningen van TNO heeft het RIVM de gebiedsgemiddelde concentraties bepaald. De resultaten van de studie kunnen worden gebruikt in de invulling van het 'Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit' dat het ministerie van VROM aan het opzetten is.

Trefwoorden: kassencomplex, luchtkwaliteit, NO₂, concentratiebijdrage.

Abstract

The contribution of greenhouses to nitrogen dioxide concentrations

RIVM's determination of the area-averaged contribution of one or more greenhouses to nitrogen dioxide concentrations in 2007 yielded results for a single greenhouse occupying 2 ha that are –according to recent Dutch law – considered to make a significant contribution to local air quality.

The Dutch Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM) had asked the RIVM to determine the NO₂ concentration contributed by two sizes of greenhouse: one, occupying 2 ha and another, occupying 3 ha. All the relevant conditions were set down by the Ministry of VROM. The average concentration in an area of 250x250 m² is relevant for judicial purposes. Average concentrations in an area of 1x1 km² are required for determinations in the Dutch 'National Collaboration programme on Air quality'. RIVM used the calculations performed by TNO as the basis for determining average concentrations. The results can be used in the new Dutch 'National Collaboration programme on Air quality'.

Key words: greenhouses, air quality, NO₂, concentration.

Inhoud

Samenvatting 5

1. Inleiding 6

2. Analyse 7

2.1 *Basisgegevens* 7

2.2 *Verwerking door het RIVM* 7

2.3 *Gebiedsgemiddelde concentratiebijdragen* 9

2.3.1 *De bijdrage van een kas op een gebied van 250x250 m² rond de kas* 9

2.3.2 *Een aantal kassen willekeurig verdeeld in een kilometervak van het NSL-grid* 10

2.4 *Analytische benadering van gebiedsgemiddelde concentratie, kas in midden van het gebied* 11

2.5 *Een regelmatig grid van kassen* 12

2.6 *Onzekerheden* 12

3. Bespreking 15

3.1 *Betekende mate* 15

3.2 *Sanering* 15

Literatuur 16

Samenvatting

Op verzoek van het ministerie van VROM heeft het RIVM de gebiedsgemiddelde stikstofdioxideconcentratiebijdrage van één of meerdere kassen in het jaar 2007 bepaald. Voor de bepaling van de lokale bijdrage in het kader van wettelijke toetsing is middeling van de concentraties over $250 \times 250 \text{ m}^2$ relevant. Voor gebruik binnen het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit is de bijdrage in een gebied van $1 \times 1 \text{ km}^2$ nodig. Het ministerie heeft er voor gekozen om de concentratiebijdrage voor twee bedrijfsgroottes te laten bepalen: een kas van 2 ha groot en een van 3 ha groot.

De gemiddelde lokale stikstofdioxideconcentratiebijdrage van een kas van 2 ha, met een schoorsteen van 7 meter hoog, onder de door het ministerie van VROM gekozen randcondities van de berekening, is met $1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iets lager dan de waarde van $1.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ welke door VROM als een bijdrage 'in betekenende mate' is gedefinieerd. In individuele gevallen kunnen de kenmerken van een specifieke kas substantieel afwijken van die welke in de huidige studie zijn gehanteerd.

Volgens opgave van VROM bedraagt de achtergrondconcentratie van NO_2 in potentiële gebieden voor kassen in 2015 minder dan $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De combinatie van deze grootschalige achtergrond en de (afgeronde) bijdrage van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor een enkel kilometervak gevuld met 75 ha aan kassen van elk 3 ha leidt naar verwachting dus niet tot een overschrijding van de jaargemiddelde grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In de door het Milieu- en Natuurplanbureau berekende grootschalige concentraties zitten de effecten van bestaande kassen al verwerkt. Combinatie van de grootschalige concentraties met een apart bepaalde concentratiebijdrage van een regelmatig grid van kassen van $1 \times 1 \text{ km}^2$ leidt vermoedelijk dus tot een aanzienlijke overschatting van de concentratiebijdrage van de kassen.

Bij alle analyses moet worden aangetekend dat de eventuele invloed van andere substantiële bronnen in een kilometervak (bijvoorbeeld snelwegen) op de lokale luchtkwaliteit niet in rekening is gebracht. Voor locaties waarbij de achtergrondconcentratie hoger is dan de door VROM aangegeven waarde of indien zich substantiële bronnen in de omgeving van kassencomplexen bevinden dienen gedetailleerde lokale berekeningen te worden uitgevoerd alvorens een specifieke uitspraak over mogelijke overschrijdingen van grenswaarden kan worden gedaan.

1. Inleiding

In het kader van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) heeft het ministerie van VROM het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) verzocht om de gebiedsgemiddelde bijdrage van een kas aan de stikstofdioxide (NO₂) concentraties te bepalen. Binnen het NSL wordt gerekend met gemiddelde bijdragen aan de luchtkwaliteit in vakken van 1x1 km² (het 'NSL-grid'), zoals gedefinieerd door het MNP. Op basis van door het ministerie bepaalde gegevens ten aanzien van de locatie van de te beschouwen kas en het te hanteren toetsjaar heeft TNO conform het Nieuw Nationale Model (NNM) een berekening uitgevoerd met behulp van het pakket PluimPlus, versie 3.5. De resultaten van die berekening worden door het RIVM verwerkt om een gebiedsgemiddelde concentratie te bepalen en hierover uitspraken te doen.

Het ministerie van VROM heeft bepaald dat voor toetsing van de concentratiebijdrage aan de huidige luchtkwaliteitsnormen de gemiddelde concentratie over een gebied van 250x250 m² om de kas, van belang is (Verburg, 2006). Het doel van de voorliggende studie is om te bepalen welke kasgrootte gemiddeld tot een NO₂-concentratiebijdrage leidt van 1.2 µg/m³, dit is de grens die binnen het NSL door VROM is gekozen als zijnde een bijdrage 'in betekende mate'.

Omdat kassen bijna uitsluitend met aardgas worden verwarmd is er nauwelijks sprake van emissies van fijn stof. Om deze reden wordt er binnen het NSL enkel aan de NO₂-concentraties rond kassen gerekend (Folkert, 2006).

2. Analyse

2.1 Basisgegevens

Op verzoek van het ministerie van VROM heeft TNO in 2006 conform het Nieuw Nationale Model (NNM) voor kasgroottes van 2 ha en 3 ha berekeningen uitgevoerd met behulp van het pakket PluimPlus, versie 3.5. Hierbij is het volgende aangenomen:

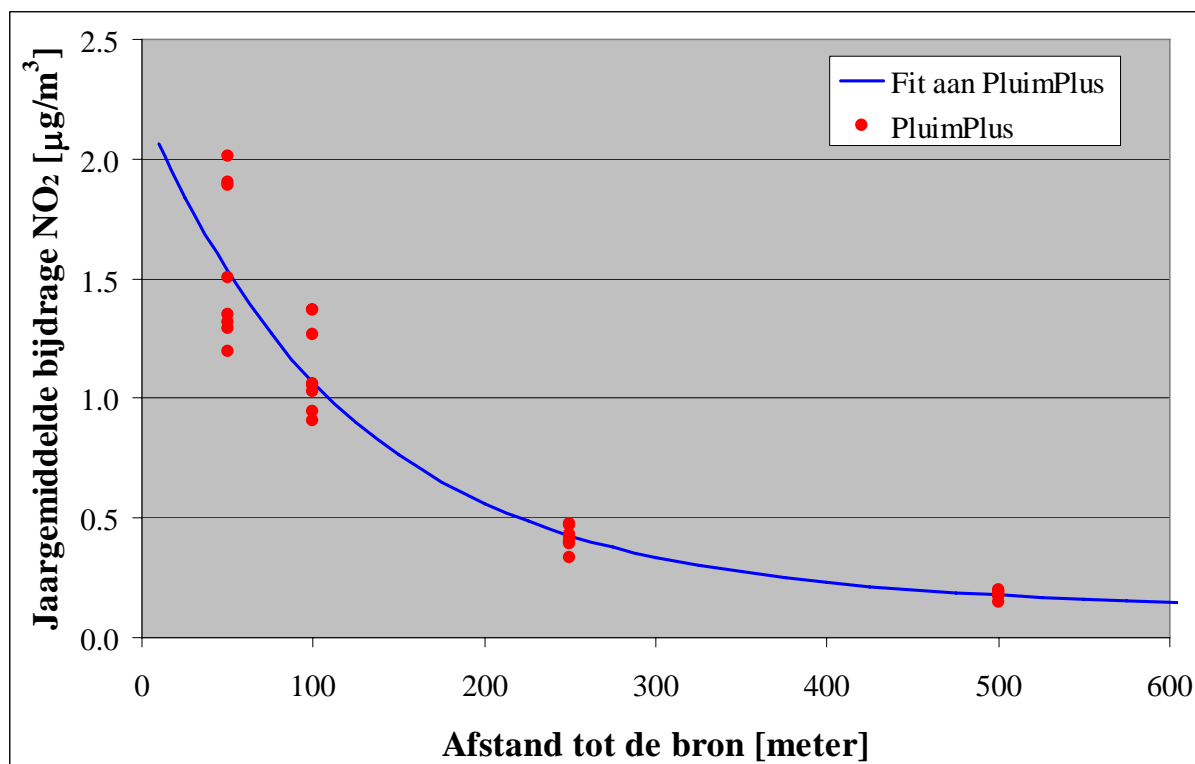
- NO_x-emissie 0.028 gram/sec/ha;
- de directe uitstoot van NO₂ bedraagt 5% van de NO_x emissie;
- de schoorsteen is 7 meter hoog;
- de schoorsteendiameter is 20 cm;
- de temperatuur van de uitlaatgassen is 40 graden Celsius;
- de uitblaassnelheid bedraagt 1 cm/sec;
- gebiedsradius van 0.25 meter;
- locatie (102500, 443750), nabij Rotterdam;
- toetsing in 2007.

De keuze voor het rekenjaar en de locatie legt automatisch vast met welke achtergronden er is gerekend. De resultaten voor de beide berekeningen zijn aan het RIVM geleverd als een polair rekengrid in acht sectoren op cirkels met diameters van 50, 100, 250 en 500 meter om de schoorsteen (Jonkers, 2006 en Jonkers, 2007).

2.2 Verwerking door het RIVM

Als gevolg van variaties in meteorologie en in de achtergronden verschillen de in acht sectoren rondom de schoorsteen berekende concentraties van elkaar. Dicht bij een schoorsteen is de geldigheid van het NNM beperkt. Omdat bebouwing rond de schoorsteen bij een NO₂-berekening door het NNM niet in rekening kan worden gebracht, is het a priori niet bekend hoe het concentratieverloop dicht bij de schoorsteen zal zijn. Voor de huidige analyse is aangenomen dat het concentratieverloop vanaf de dicht bij de schoorsteen gelegen rekenpunten terug kan worden geëxtrapoleerd tot een concentratie bij de schoorsteen. Hoe het concentratieverloop vlak bij de schoorsteen precies is maakt voor de gebiedsgemiddelde concentratie niet veel uit. Immers, slechts een klein deel van het totale oppervlak bevindt zich dicht bij de schoorsteen.

Als eerste stap is een functie gefit aan de berekende bijdragen van de kas aan de NO₂-concentraties. De concentratiebijdragen en de gefitte curve voor een kas van 2 ha zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Berekende concentratiebijdrage van een kas van 2 ha aan de NO_2 -concentratie en de daaraan gefitte curve.

De gefitte curve is op te vatten als een isotrope concentratieverdeling rond de schoorsteen. Aangezien Gaussische verspreidingstheorie, waarop ook PLUIM-PLUS is gebaseerd, van een exponentieel verloop van concentraties uit gaat is voor de fitfunctie ook een exponentiële vorm gekozen:

$$C(x) = a e^{-x/b} + c e^{-x/d} \quad (1)$$

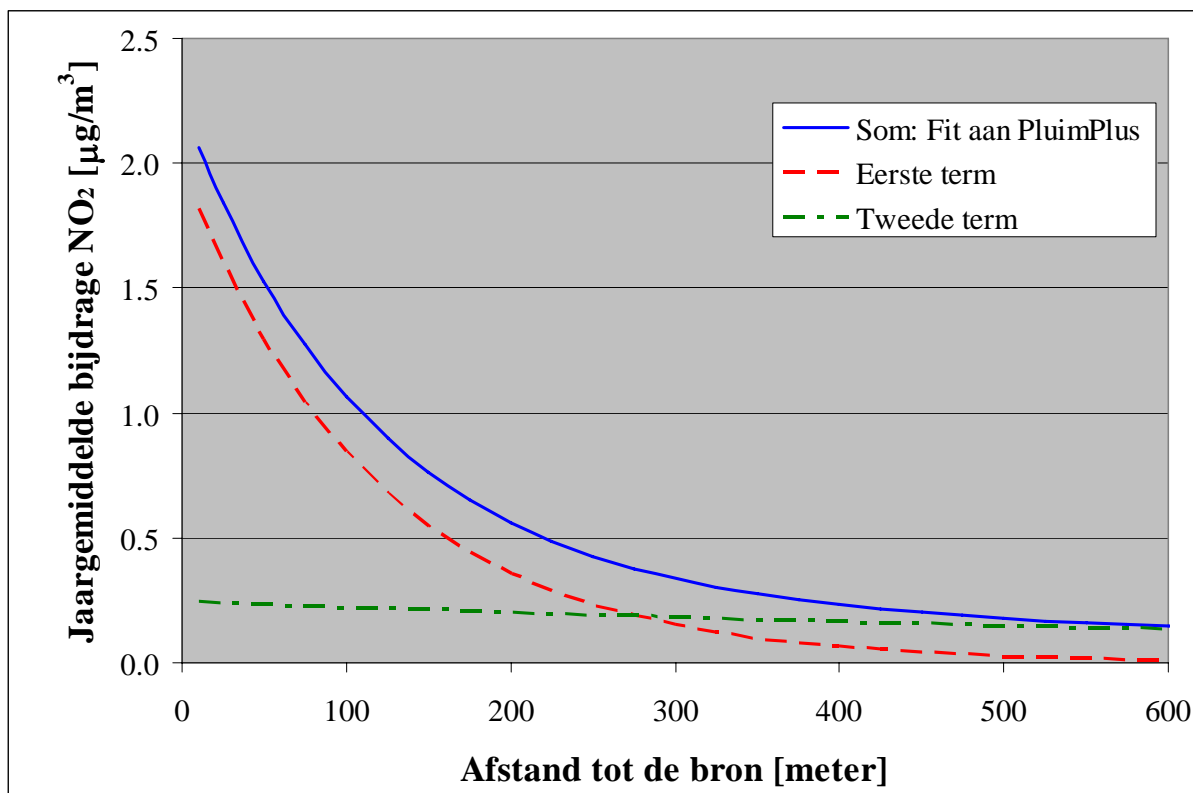
Hierbij legt de eerste term het gedrag op kortere afstanden vast en de tweede term het gedrag op grotere afstanden. De parameters in de relatie zijn voor beide berekeningen met een kleinste kwadraten methode gefit:

Tabel 1 Gefitte parameters.

Parameter	2 ha	3 ha
a	1.98	2.31
b	117	130
c	0.248	0.295
d	1000	1000

De parameter 'd' is vanwege de lineaire afhankelijkheid niet gefit maar is zodanig gekozen dat de curve goed door de berekende concentratiebijdragen op 500 meter van de schoorsteen gaat. Gegeven de maximum afstand van 500 meter in de onderliggende NNM-berekening kan de fit niet op grotere afstanden dan 500-1000 meter van de bron worden gebruikt.

In Figuur 2 zijn de eerste en de tweede term van de gebruikte fitfunctie (1) en hun som apart weergegeven.



Figuur 2: Opbouw van de berekende concentratiebijdrage van een kas van 2 ha.

2.3 Gebiedsgemiddelde concentratiebijdragen

Op basis van de voorgaande analyse kunnen nu voor verschillende, door het ministerie van VROM bepaalde, ruimtelijke schalen de NO₂-concentratiebijdragen worden berekend. Bij deze berekeningen wordt er, op aangeven van het ministerie, van uitgegaan dat concentratiebijdragen ten gevolge van aan- en afvoer van goederen naar en van de beschouwde kassen verwaarloosd kunnen worden ten opzichte van die ten gevolge van de schoorsteenemissies.

2.3.1 De bijdrage van een kas op een gebied van 250x250 m² rond de kas

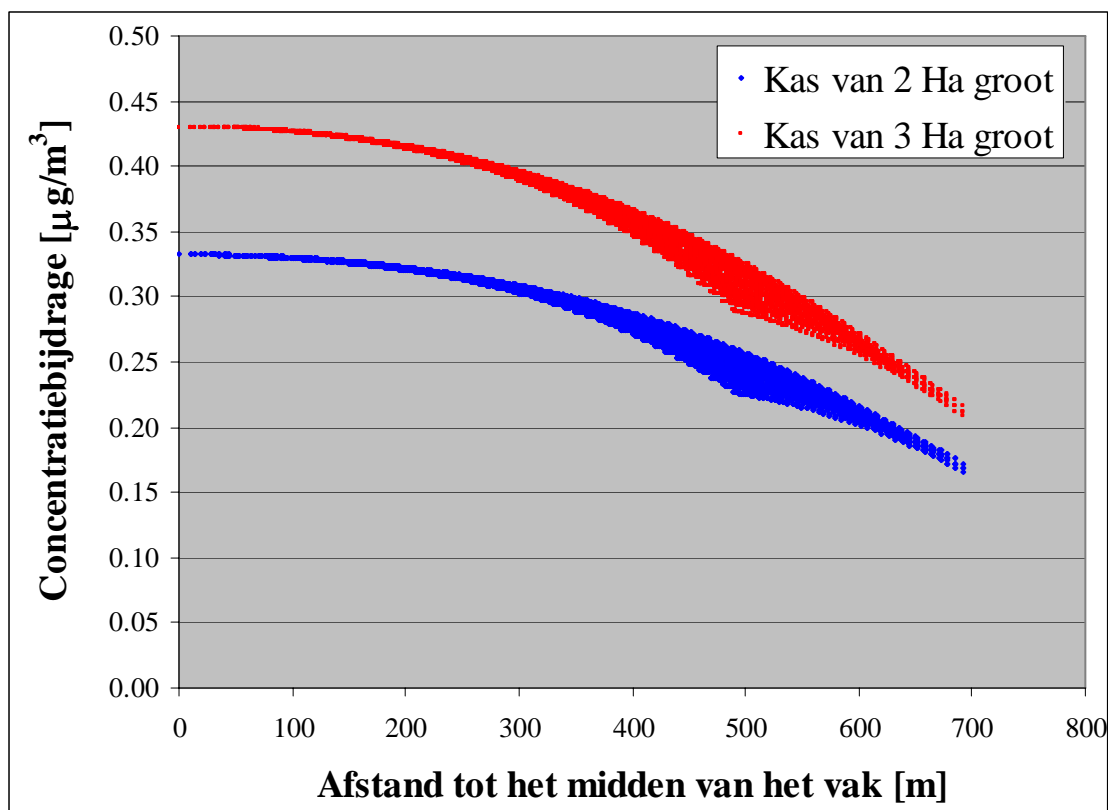
Om de gemiddelde concentratiebijdrage van een kas in het midden van een vierkant van 250x250 m² te bepalen is een numerieke integratie uitgevoerd. Hierbij is een kas in het midden van het vak gepositioneerd. Vervolgens is met behulp van relatie (1) de concentratiebijdrage van die kas in het vak om de 10 meter bepaald, dus in totaal op 25x25 punten. Het gemiddelde van de concentratie op deze punten is vervolgens gelijk aan de gebiedsgemiddelde concentratie. De bepaalde concentraties bedragen 1.15 µg/m³ voor een kas van 2 ha groot en 1.42 µg/m³ voor een kas van 3 ha groot. De verhouding tussen de berekende NO₂-concentratiebijdragen voor de beide kasgroottes is kleiner dan de verhouding

tussen de emissies. De reden hiervoor is de chemische omzetting van NO_x naar NO_2 welke onder de invloed van in de atmosfeer aanwezig ozon plaatsvindt.

2.3.2 Een aantal kassen willekeurig verdeeld in een kilometervak van het NSL-grid

Vanwege de niet-lineaire chemische reacties die van belang zijn bij de vorming van NO_2 uit NO_x is het principieel niet correct om NO_2 -concentratiebijdragen van verschillende bronnen in een gebied direct te sommeren. Echter, bij een dergelijke sommatie zal de totale NO_2 -concentratie iets hoger uitvallen dan wanneer een volledige berekening wordt uitgevoerd, direct sommeren van NO_2 -concentratiebijdragen is dus een conservatieve benadering.

Om de gemiddelde concentratiebijdrage van een kas op een willekeurige positie in een kilometervak nader te onderzoeken is een numerieke berekening uitgevoerd. Hierbij is een kas op elke mogelijke (op 10 meter afgeronde) positie in het kilometervak gepositioneerd. Vervolgens zijn met behulp van relatie (1) de concentratiebijdragen van die kas op 10000 punten binnen het kilometervak bepaald en gemiddeld. In Figuur 3 zijn de gebiedsgemiddelde bijdragen van kassen van 2 en 3 ha groot weergegeven als functie van de afstand van de kas tot het centrum van het vak.



Figuur 3: Gebiedsgemiddelde concentratiebijdrage als functie van de afstand van de kas tot het midden van het kilometervak.

Bij een afstand van 0 meter, dus in het midden van het kilometervak, worden bijdragen van 0.33 en 0.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gevonden voor de kleinere en de grotere kas. Met een kas op de grootste

afstand van het midden, van 700 meter, bedragen de gebiedsgemiddelde bijdragen 0.17 en 0.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor kassen op circa 500 meter afstand van het midden is er een bredere verdeling van mogelijke concentratiebijdragen. De reden hiervan is dat kassen bij die afstand van het midden, bij gelijke afstand, meer of minder dicht bij de rand van het kilometervak kunnen liggen. Dichter bij de rand van het vak is de gebiedsgemiddelde concentratiebijdrage uiteraard kleiner dan wanneer de kas verder van de rand verwijderd is. Naarmate een kas verder van het midden verwijderd is neemt het aantal mogelijk posities binnen het kilometervak af en wordt de verdeling in figuur 3 weer smaller. De gemiddelde concentratiebijdragen van de kassen in het kilometervak bedragen 0.28 en 0.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de kleinere en de grotere kas.

Bij benadering is de gemiddelde NO_2 -concentratiebijdrage van een aantal kassen zoals in Tabel 2 weergegeven. Hierbij is het effect van de chemie niet in rekening gebracht, de NO_2 concentratiebijdragen zijn direct gesommeerd. De berekende waarden voor twee of meer kassen zullen daarom een lichte overschatting zijn.

Tabel 2 Berekende concentratiebijdragen, gemiddeld over een kilometervak van het NSL-grid, waarbij de kas op een willekeurige locatie staat.

Aantal kassen	Kasgrootte	Kasgrootte
	2 ha [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3 ha [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1	0.28	0.35
2	0.56	0.70
3	0.84	1.05
4	1.12	1.40
5	1.40	1.75
25	7.00	8.75

2.4 Analytische benadering van gebiedsgemiddelde concentratie, kas in midden van het gebied

De oppervlaktegemiddelde concentratie (\bar{C}), als functie van de afstand tot de bron (x) wordt, ingeval van een cirkelvormig oppervlak, geschreven als:

$$\bar{C}(x) = \frac{2}{x^2} \int_0^x \zeta \cdot C(\zeta) d\zeta \quad (2)$$

De oppervlaktegemiddelde concentratie is vervolgens bepaald voor verschillende cirkelvormige gebieden rond de schoorsteen. De resultaten zijn in Tabel 3 vermeld.

Tabel 3 Analytisch berekende oppervlaktegemiddelde NO₂ concentraties.

Diameter cirkel [meter]	2 ha [µg/m³]	3 ha [µg/m³]
250	1.23	1.52
282	1.15	1.43
1000	0.38	0.49
1128	0.33	0.43

Indien cirkels met diameters van 282 en 1128 meter worden gekozen, die overeenkomen met de oppervlaktes van vierkanten van 250x250 m² en 1000x1000 m², dan zijn de analytisch berekende concentratiegemiddelden praktisch gelijk aan de numeriek bepaalde waarden voor de vierkante gebieden.

2.5 Een regelmatig grid van kassen

Om het cumulatieve effect van een groot aantal kassen van elk 3 ha groot te bepalen is uitgegaan van een regelmatig grid met om de 200 meter een kas. Dit zijn 25 kassen in één vierkante kilometer met een gezamenlijke grootte van 75 has. Ook in dit geval zijn de NO₂ concentratiebijdragen direct gesommeerd. Bij gebruik van de eerder gefitte relatie tussen de afstand tot de schoorsteen en de concentratiebijdrage is de gebiedsgemiddelde bijdrage van alle kassen in het kilometervak 8.9 µg/m³, praktisch gelijk aan 25 maal de bijdrage van een individuele kas op een willekeurige locatie in het kilometervak. Opgemerkt moet worden dat voor een dergelijke hoge dichtheid van kassen de aanname van directe sommatie van NO₂-concentraties zeker niet meer correct is en tot een overschatting leidt. Om voor een dergelijke situatie de totale NO₂-concentratiebijdrage te bepalen dienen meer uitgebreide berekeningen met het Nieuw Nationale Model te worden uitgevoerd.

2.6 Onzekerheden

De totale onzekerheid wordt ruwweg opgebouwd uit drie basisonzekerheden:

De emissie

De stikstofoxidenemissies door ruimteverwarming per ha kas zijn door Folkert (2006) geschat door de totale verwachte uitstoot in het referentiescenario te delen door het verwachte totale glastuinbouwareaal. Dit levert een gemiddelde uitstoot per ha. Emissie door ruimteverwarming per glastuinbouwproject kan nu door deze vuistregel worden berekend op basis van het aantal has teeltoppervlak. De vuistregel houdt dus geen rekening met het soort gewas dat geteeld wordt. De ruimteverwarming kan sterk variëren per teelt, maar deze informatie is op voorhand niet bekend. Als gevolg hiervan is de onzekerheid van de gehanteerde emissies bij toepassing in individuele gevallen groot.

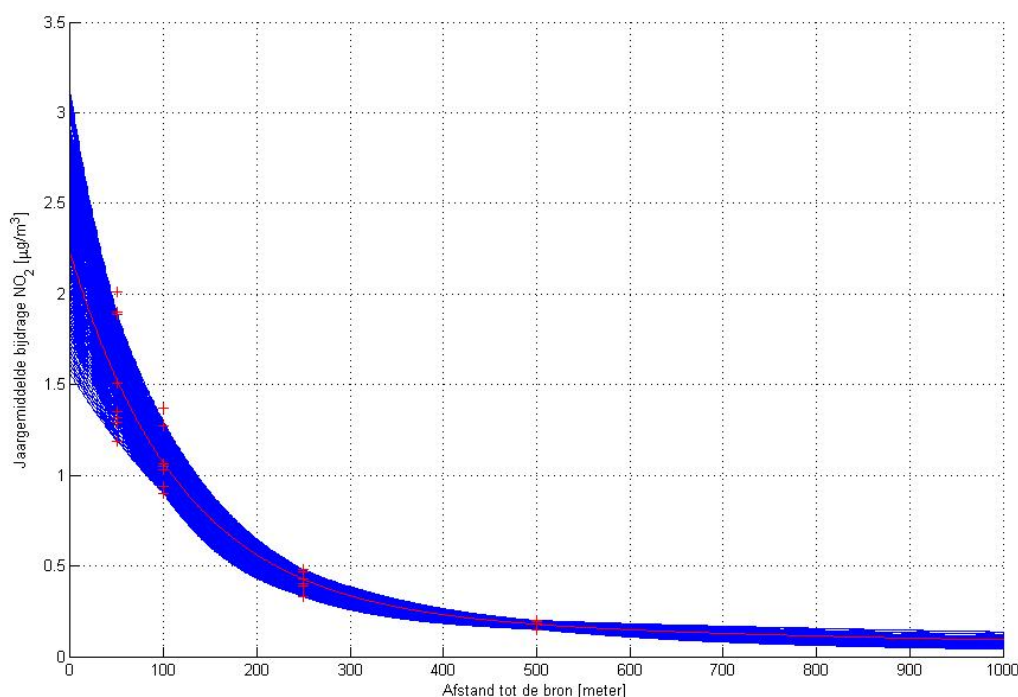
De NNM modelonzekerheid

Bovenop de onzekerheid in de te hanteren emissie per oppervlakte komt de onnauwkeurigheid ten gevolge van de NNM-modellering. In totaal kan deze variëren tussen circa 10% en 40%, afhankelijk van hoe representatief de voor de berekening gebruikte parameters (lokale meteorologie en ruwheid, achtergronden, bronkenmerken, et cetera) zijn voor een dergelijke kas op een willekeurige locatie in Nederland.

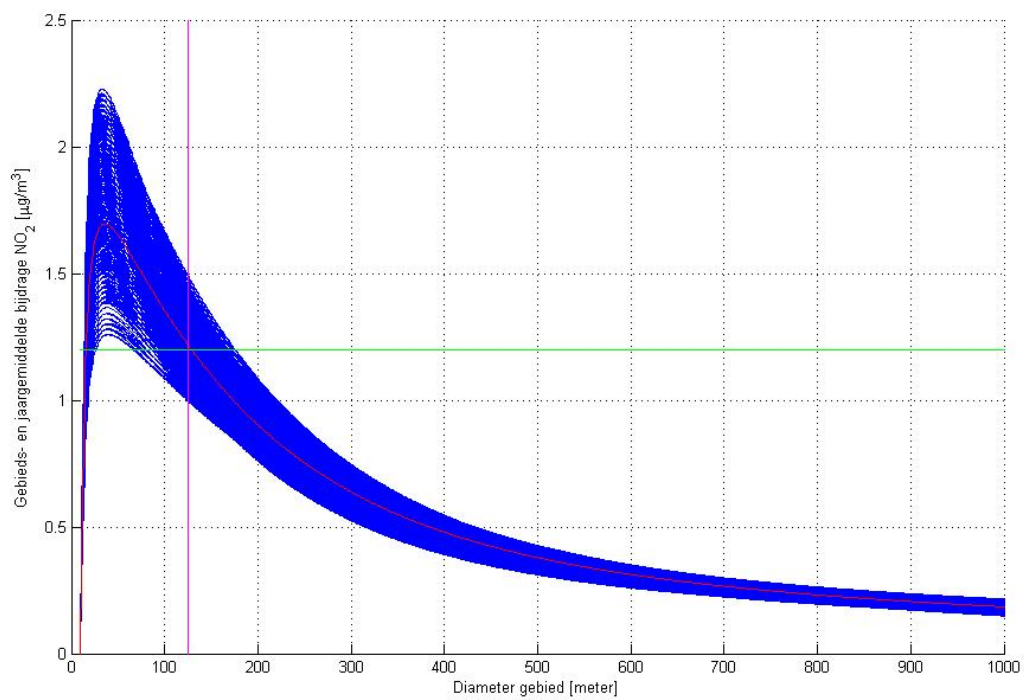
De onzekerheid in de huidige analyse

In de huidige analyse worden de uitkomsten van de NNM berekening gefit en verwerkt, dit geeft een additionele onzekerheid.

De parameters a, b, c en d in formule (1) zijn gevarieerd tussen -40% en 40% (met stappen van 10%) en alleen parameterwaarden die een fit opleveren die tussen de buitenste waarden van Pluim Plus liggen (zie Figuur 2) zijn toegelaten bij de berekening van de gebiedsgemiddelde concentratie, zie Figuur 3. De centrale (rode) lijn in de Figuren 4 en 5 is de fit met de nominale waarden van a, b, c en d. Voor een cirkelvormig gebied met diameter 250 meter rond een kas van 2 ha groot, ligt de gebiedsgemiddelde concentratie tussen de 1.0 en 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Geconcludeerd kan worden dat de onzekerheid ten gevolge van de huidige analyse circa $\pm 0.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt, oftewel $\pm 20\%$.



Figuur 4: Mogelijke variaties in de parameters van de curve (1) voor een kas van 2 ha.



Figuur 5: Gebieds- en jaargemiddeldeconcentraties ten gevolge van variaties in de parameters van de curve (1).

3. Bespreking

3.1 Betekende mate

Indien de gemiddelde concentratie over een gebied van 250x250 m² maatgevend is voor de lokale bijdrage van een kas, zoals VROM aangeeft, dan is de bijdrage van een kas van 2 ha, met een schoorsteen van 7 meter hoog, onder de door het ministerie van VROM gekozen randcondities van de berekening, met 1.15 µg/m³ iets lager dan 1.20 µg/m³ en dus net geen bijdrage 'in betekende mate' (VROM, 2006). In individuele gevallen kunnen de kenmerken van een specifieke kas substantieel afwijken van die welke in de huidige studie zijn gehanteerd.

3.2 Sanering

Een vraag van het ministerie van VROM is of bestaande kassencomplexen in de toekomst, en dan met name in 2015, aanleiding kunnen geven tot overschrijdingen van de jaargemiddelde grenswaarde voor NO₂ en er dus saneringssituaties kunnen ontstaan. Volgens opgave van VROM bedraagt de achtergrondconcentratie van NO₂ in potentiële gebieden voor kassen in 2015 minder dan 25 µg/m³ (Verburg, 2007). In de door het MNP berekende grootschalige concentraties zitten de effecten van bestaande kassen al verwerkt. Combinatie van de grootschalige concentraties met de in hoofdstuk 2 bepaalde concentratiebijdrage van een regelmatig grid van kassen van 1x1 km² leidt vermoedelijk dus tot een aanzienlijke overschatting van de concentratiebijdrage van de kassen.

De gecombineerde grootschalige concentratie van 25 µg/m³ en de (afgeronde) bijdrage van 10 µg/m³ voor een kilometervak gevuld met 75 ha aan kassen van elk 3 ha leidt naar verwachting dus niet tot een overschrijding van de jaargemiddelde grenswaarde van 40 µg/m³. Hierbij moet worden aangetekend dat de eventuele invloed van andere substantiële bronnen in een kilometervak (bijvoorbeeld snelwegen) op de lokale luchtkwaliteit niet in rekening is gebracht. Voor locaties waarbij de achtergrondconcentratie hoger is dan de door VROM aangegeven waarde of indien zich substantiële bronnen in de omgeving van kassencomplexen bevinden dienen gedetailleerde lokale berekeningen te worden uitgevoerd alvorens een specifieke uitspraak over mogelijke overschrijdingen van grenswaarden kan worden gedaan.

Literatuur

Folkert RJM, Wesseling JP , van de Ven H, Korver W, Wieringa K.
Salderingsmodel luchtkwaliteit Methodiek en uitgangspunten
MNP Rapport 500095002.

Jonkers S. 2006. TNO. Privé mededeling 5 oktober 2006.

Jonkers S. 2007. TNO. Privé mededeling 15 januari 2007.

Verburg T. 2006. VROM. Privé mededeling 20 september 2006.

Verburg T. 2007. VROM. Privé mededeling 4 januari 2007.

VROM. 2006. Zie <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=23046>.