



RIVM Briefrapport 680150001/2007

Het 'VELD'-project, addendum

Uitwerking juli en augustus 2003

M.M.P. van den Broek
W.A.J. van Pul
J.A. van Jaarsveld, Milieu- en Natuurplanbureau
M.C.J. Smits, Animal Sciences Group - Wageningen UR

Contact:
M.M.P. van den Broek
LVM
miranda.van.den.broek@rivm.nl

W.A.J. van Pul
LVM
addo.van.pul@rivm.nl

© RIVM 2007

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'.

Inhoud

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| Samenvatting | | 3 |
| 1 | Inleiding | 4 |
| 2 | Materiaal en methoden | 7 |
| 2.1 | Gebruikte metingen en modelbeschrijving | 7 |
| 3 | Resultaten | 8 |
| 3.1 | Vergelijking van metingen en modelresultaten | 8 |
| 3.2 | Bijdrage van bronnen aan de berekende concentratie | 9 |
| 3.3 | Effect van droge depositie | 11 |
| 4 | Discussie en conclusies | 14 |

Samenvatting

Van juli 2002 tot en met augustus 2003 vond het VELD-project plaats. In een gebied van 3x3 km rond het dorp Vragender in de Achterhoek zijn uitgebreid metingen van ammoniakconcentraties (NH₃) gedaan en emissies berekend aan de hand van in detail geregistreerde agrarische activiteiten. Op basis van deze emissies zijn modelberekeningen gedaan met het OPS-STe (korte termijn)

verspreidingsmodel. Vergelijkingen tussen deze modelberekeningen en de metingen van de ammoniakconcentraties lieten eerder al zien dat de gemeten concentraties in de winterperiode, met uitsluitend stalemissies, goed gesimuleerd werden. In het voorjaar daarentegen, bij de aanvang van mesttoediening, trad een grote onderschatting van de gemeten ammoniakconcentraties op. Deze onderschatting was het gevolg van een overschatting in de droge depositie, gecombineerd met een onderschatting van de toedieningsemissies [Smits et al., 2005].

In dit briefrapport zijn de zomermaanden juli en augustus 2003 van het VELD-project nader onderzocht. Juli vertoont een goede overeenkomst tussen metingen en model, terwijl augustus 2003 een forse onderschatting laat zien, tot een factor 3 op basis van daggemiddelden. Voor beide maanden zijn de meteorologische omstandigheden bekeken, de bijdrage van de verschillende bronnen en de mogelijke oorzaken van de gevonden verschillen tussen model en metingen.

De maand juli was veel natter dan de maand augustus. In beide maanden was de temperatuur (relatief) hoog. Terwijl in juli nog veel mesttoediening plaatsvond, is dit in de eerste drie weken van de maand augustus geheel achterwege gebleven, vanwege de bijzonder warme en droge omstandigheden. De bronnen van NH₃ bestaan in augustus dan ook voornamelijk uit stalemissies en 75% van de emissies is in de standaard modelrun afkomstig van niet-lokale (buiten 3x3 km) bronnen.

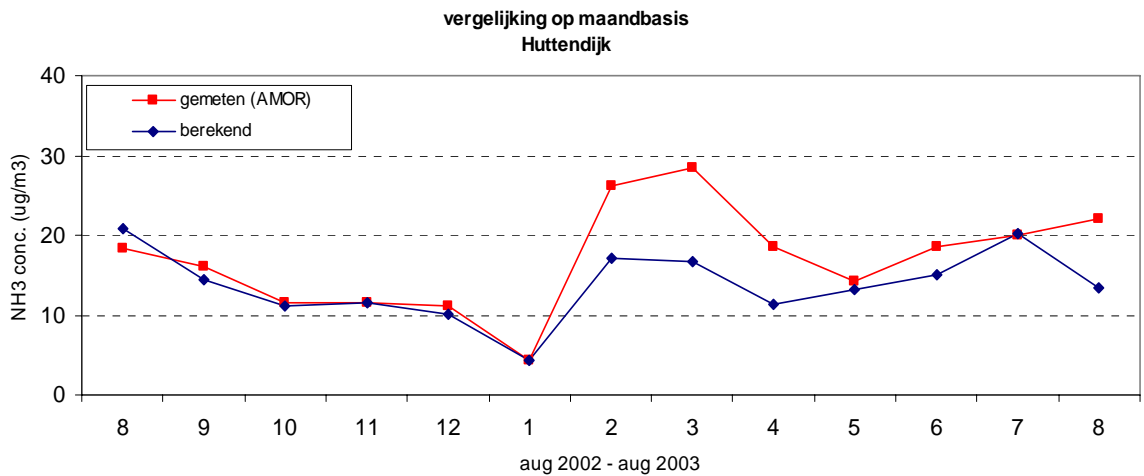
Onzekerheden in de bronnen m.n. dus de bronnen buiten het VELD gebied, kunnen een rol spelen bij de onderschatting van de ammoniakconcentraties door het model, maar kunnen niet het volledige verschil verklaren. De lokale stalemissies zijn door hitte-stress bij varkens naar verwachting ca. 40% hoger. Dit getal is kleiner voor niet-lokale stalemissies vanwege een kleiner aandeel varkensstallen. Gedurende droge en warme episodes is het mogelijk dat droge depositie onderdrukt wordt en (her)emissie optreedt vanaf het oppervlak. De modelaanname dat droge depositie overdag niet optreedt in augustus 2003 verdubbelt de berekende concentratie. De modelonzekerheid wordt hiermee echter ook hoger, omdat achtergrondbronnen nu een relatief grotere bijdrage hebben. Ook wanneer droge depositie uitgezet is in het model, blijven de modelberekeningen te laag ten opzichte van de metingen. De berekende onderdrukte depositie in het VELD-gebied gedurende de dag (9-18 uur) van 7-21 augustus bedraagt 150±80 g/ha. De daar bovenop geschatte extra (her)emissie bedraagt 190±220 g/ha. Om het effect van onderdrukte depositie en (her)emissie op jaarbasis voor heel Nederland te berekenen, moeten deze processen in meer detail meegenomen worden in het model.

1 Inleiding

In dit addendum worden de maanden juli en augustus 2003 van het VELD project beschreven. Tijdens het VELD project (VELD: Vergelijking Emissiepraktijk Landbouw) is de ammoniakconcentratie intensief gemeten en is een uitgebreide registratie van emissies uit de landbouw bijgehouden in een gebied van 3 bij 3 km rond het dorp Vragender in de Achterhoek. De gemeten concentraties zijn vervolgens vergeleken met modeluitkomsten van het OPS-Ste verspreidingsmodel gebaseerd op de emissieinventarisatie.

De voornaamste resultaten van dit project zijn beschreven in Smits et al., 2005, waarbij de nadruk is gelegd op twee wintermaanden (nov-dec. 2002) en drie voorjaarsmaanden (feb-maart-apr 2003). De zomerperiode is in de rapportage van Smits et al, beperkt beschreven. De zomerperiode laat echter interessante aspecten zien met betrekking tot de overeenkomsten en verschillen tussen model en metingen en is daarom hier verder uitgewerkt.

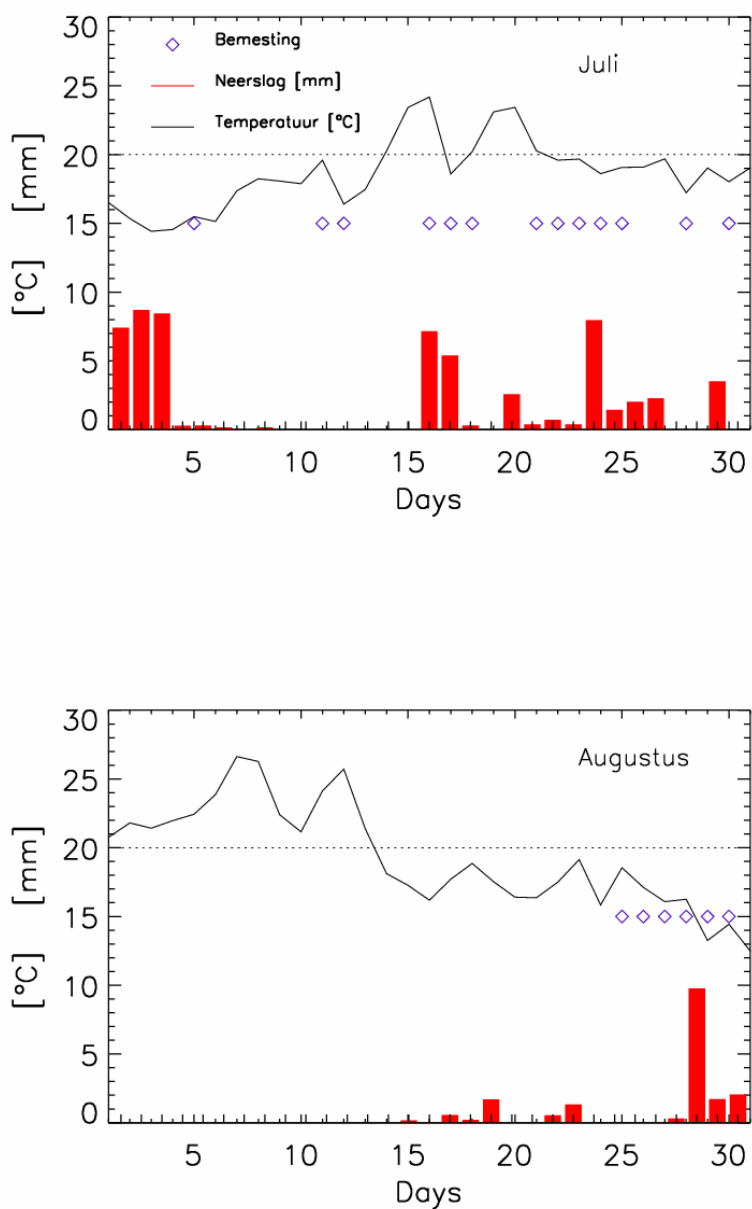
Figuur 1 uit Smits et al. [2005] geeft een jaaroverzicht van de vergelijking tussen gemeten en berekende maandgemiddelde NH₃ concentratie voor het meetstation Huttendijk. In de wintermaanden, waarin uitsluitend stalemissies de concentratie van NH₃ bepalen, komen model en metingen goed overeen. Grote verschillen tussen het OPS-Ste model en de metingen treden vervolgens op in het voorjaar, bij het begin van het uitrijden van mest. Dit verschil bleek vooral te wijten aan overschatting van de depositie en onderschatting van de emissies in de dagen na de mesttoediening onder droge, zonnige omstandigheden [Smits et al., 2005].



Figuur 1. Vergelijking op maandbasis tussen gemeten en berekende ammoniak concentraties gedurende het VELD-project van aug 2002 - aug 2003 op het station Huttendijk

In de daaropvolgende maanden zijn de verschillen tussen model en metingen klein, hoewel er in de maanden mei, juni en juli 2003 ook mest werd uitgereden in het VELD gebied. In juni en juli werd zelfs vrij vaak en vrij veel mest uitgereden. In tegenstelling tot februari, maart en april zijn deze maanden in 2003 echter veel natter. De natte omstandigheden van mei tot en met juli zorgen voor een hoge depositie (NH₃ lost goed op in water) op korte afstand van de emissiebronnen. Onder deze

omstandigheden blijkt het model de metingen goed te reproduceren. In figuur 2 worden de neerslag, temperatuur en de dagen waarop mest werd uitgereden in het VELD-gebied getoond voor de maanden juli en augustus 2003.



Figuur 2. Dagelijks gemiddelde temperatuur, neerslag en uitrijden van mest (ruitjes geven dagen weer waarop mest is uitgereden), van april tot en met augustus 2003 op station Huttendijk

Juli 2002 is een natte maand, met veelvuldige mesttoediening. Augustus 2003 is daarentegen een droge en warme maand. In deze maand onderschat het model de metingen aanzienlijk. Wat echter bijzonder is aan de maand augustus, is dat er in het VELD gebied geen mest uitgereden is in de eerste drie weken. Gezien de warme en droge omstandigheden in het hele land (op 5 na warmste augustus sinds 1900) is het aannemelijk dat er in heel Nederland weinig tot geen mest uitgereden is. Het verschil tussen model en metingen is dus niet te verklaren uit een onderschatting van de emissie na uitrijden. In deze uitbreiding op het VELD-onderzoek wordt nader ingegaan op deze onderschatting in augustus. Ter vergelijking is ook de eveneens warme maar natte maand juli nader geanalyseerd.

2 Materiaal en methoden

2.1 Gebruikte metingen en modelbeschrijving

Een uitgebreide beschrijving van de gebruikte metingen en modelberekeningen is te vinden in het VELD-rapport [Smits et al., 2005]. Tijdens het VELD-project zijn twee-wekelijkse metingen gedaan met passieve samplers op 50 locaties, en continue metingen met een nat-chemische methode (AMOR) op twee locaties: de stations Huttendijk en Meddoseweg. We concentreren ons hier op de continue (uurlijkse) metingen met AMOR omdat daarmee de onderliggende processen in beeld gebracht kunnen worden. De analyses zijn zowel voor de Huttendijk locatie als voor de Meddoseweg locatie uitgevoerd en lieten vergelijkbare resultaten zien. Voor de overzichtelijkheid laten we hier enkel de resultaten van de Huttendijk zien. Er zijn op dit station ook metingen gedaan met de remote methode DOAS. Wanneer geen AMOR metingen beschikbaar zijn, zijn ze waar mogelijk aangevuld met DOAS metingen.

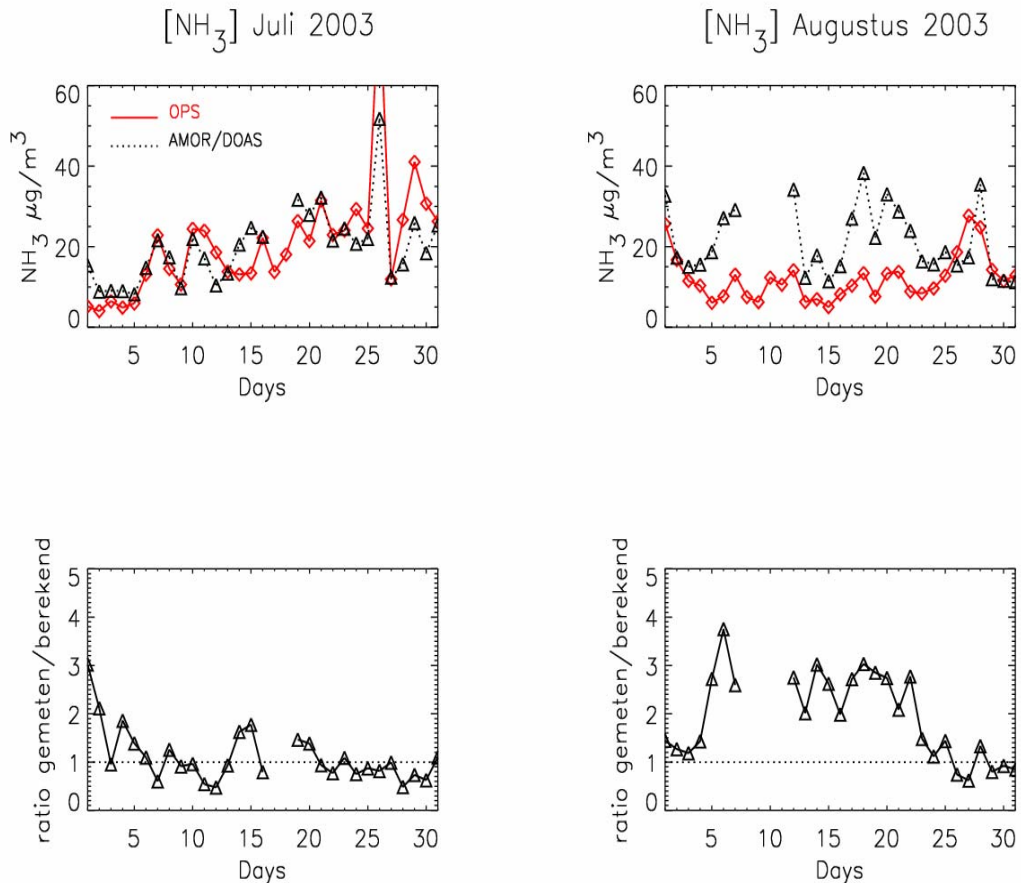
De modelberekeningen zijn gedaan met het experimentele OPS-STe model, ofwel korte termijn (Short-Term) model [van Jaarsveld et al., 2000]. Het model is een Gaussisch pluimmodel dat ontleend is aan het OPS verspreidingsmodel [van Jaarsveld, 2004]. De lange termijn versie (OPS-LT) wordt gebruikt voor de berekening van de jaarlijks achtergrondconcentraties van verontreinigende stoffen in Nederland. In tegenstelling tot dit gangbare OPS-LT model dat (jaar)gemiddelde berekeningen doet op basis van meteorologische klassen, berekent het OPS-STe model uurlijkse NH₃ concentraties aan de hand van uurlijks gemiddelde meteorologische parameters en emissies. Daarnaast zijn chemische omzetting, natte en droge depositie van ammoniak in het OPS-STe model beschreven zoals in het OPS-LT model (zie van Jaarsveld et al.[2004]).

Lokale emissies die meegenomen zijn in de modelberekeningen, zijn stalemissies, emissies uit mestaanwending, kunstmest en beweiding. Deze gegevens zijn afkomstig van gedetailleerde emissieregistratie binnen het VELD gebied van 3x3 km op een resolutie van 25x25 m. De emissies buiten het VELD-gebied, zijn jaargemiddelde regionale gegevens (met resolutie 500x500 m) en zijn onderverdeeld in toedieningsemissies, stalemissies, buitenlandse en overige emissies. Deze laatste groep van emissies wordt verder aangeduid als niet-lokale of achtergrondbronnen. Alle stalemissies worden in het model gecorrigeerd voor temperatuurafhankelijkheid (zie Smits et al. [2005]). Daarnaast wordt aan de niet-lokale jaargemiddelde toedieningsemissies een seizoens- en dagvariatie opgelegd aan de hand van de variatie in mesttoediening binnen het VELD-gebied.

In het VELD-rapport [Smits et al., 2005] is een standaard modelrun beschreven. Deze modelopzet is ook gebruikt voor de hier beschreven experimenten, behalve waar anders vermeld. De Rc of canopy weerstand, die invloed heeft op de droge depositiesnelheid, is in deze modelrun constant gesteld op 50 s/m.

3 Resultaten

3.1 Vergelijking van metingen en modelresultaten



Figuur 3. Dagelijks gemiddelde gemeten en gemodelleerde NH₃ concentraties ter hoogte van het Huttendijk station gedurende juli en augustus 2003, en de verschillen daartussen

Figuur 3 laat de gemeten en gemodelleerde daggemiddelde NH₃ concentraties zien en de daggemiddelde verhouding tussen gemeten en berekende uurwaarden. Zowel de maanden juli als augustus 2003 zijn weergegeven. In juli blijven de verschillen tussen model en metingen binnen 10 µg/m³ en worden de metingen zowel over- als onderschat. In augustus onderschat het model de metingen gedurende de eerste drie weken met 10-20 µg/m³. Dit wil zeggen dat de metingen regelmatig een factor 3 hoger zijn dan de gemodelleerde daggemiddelde waarden. Maandelijks gemiddeld leidt dit tot een goede overeenkomst in juli en een onderschatting van de metingen van ~40% in augustus (zie figuur 1)

Voorgaand onderzoek aan de VELD-data heeft al aangetoond dat grote verschillen tussen het model en de metingen slechts in beperkte mate verklaard kunnen worden uit onzekerheden in modelparameters

die de verspreiding van NH_3 bepalen, zoals de ruweheidslengte, dispersie of windrichting [Smits et al., 2005]. Het is niet aannemelijk dat dit voor deze periode anders zou zijn. Daarom is de gevoeligheidsstudie voor parameters die samenhangen met de verspreiding niet opnieuw uitgevoerd voor deze periode. De verschillen die optreden moeten dan vooral een gevolg zijn van onzekerheden in emissiegegevens en/of de modellering van de droge depositie. Beiden worden hier nader geanalyseerd voor de maanden juli en augustus.

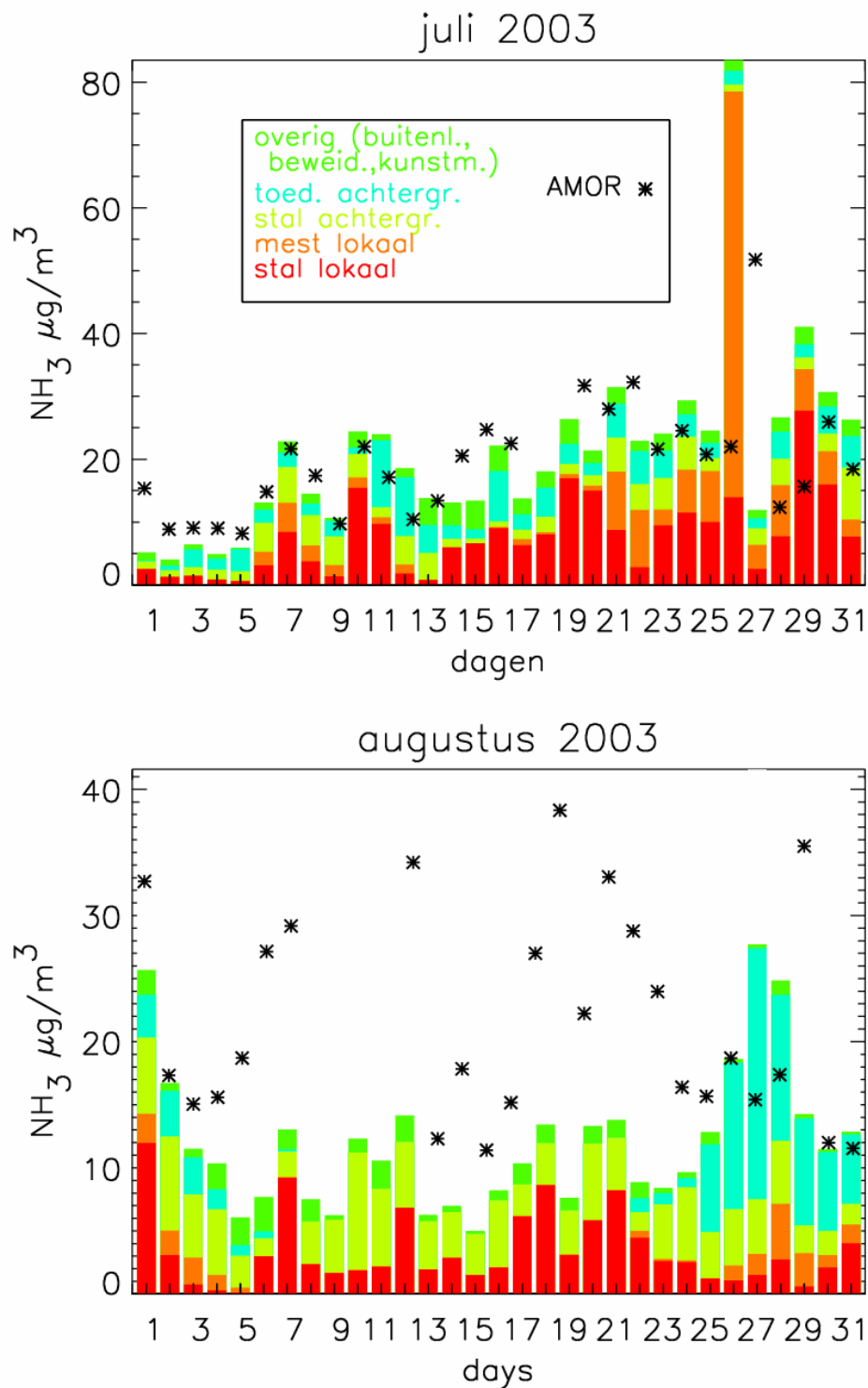
3.2 Bijdrage van bronnen aan de berekende concentratie

Figuur 4 toont cumulatief de daggemiddelde bijdrages van de verschillende bronnen van NH_3 aan de totale berekende NH_3 concentratie, naast de gemeten daggemiddelden (AMOR). Over het algemeen zijn de lokale en niet-lokale emissies uit stallen en uit mestaanwending de belangrijkste bronnen. Buitenlandse bronnen, kunstmest, beweiding en overige bronnen zijn minder van belang.

In juli spelen zowel mesttoediening als stalemissies een rol, terwijl de bijdrage in de eerste drie weken van augustus beperkt is tot de emissies van stallen. In augustus is daarnaast de bijdrage van lokale stalemissies veel lager dan in juli. Dit is een gevolg van de windrichting, die in juli vaker uit het zuid-oosten komt, waar een hogere staldichtheid is.

Door deze bronverdeling is in augustus de relatieve bijdrage van de niet-lokale bronnen (buiten het gebied van 3x3 km), gemiddeld rond 75%. Dit maakt de modeluitkomsten onzekerder. Ten eerste zijn de niet-lokale bronnen met minder detail bekend: zo zijn alleen jaargemiddelde bronnen op een resolutie van 500x500 m gebruikt, terwijl lokale broninformatie uurgemiddeld op 25x25 m resolutie beschikbaar is. Ten tweede is het model minder geschikt voor de beschrijving van verder weg gelegen bronnen (> 30 km), vanwege de regionale meteorologische input, die per uur gebruikt wordt.

Het verschil (van een factor drie) tussen metingen en model in augustus is echter niet te verklaren door bovenstaande onzekerheden. Mesttoedieningsemissies zijn afwezig in de eerste drie weken van deze warme en droge maand. De stalemissies hebben als permanent aanwezige bronnen een relatief kleine tijdsvariatie t.o.v. de mestaanwendingsemissies. Bovendien kwamen de modelberekeningen tijdens de winterperiode, met uitsluitend stalemissies, goed overeen met de metingen. Een verhoging van de stalemissies is in augustus waarschijnlijk opgetreden door sterk toegenomen hokbevuiling bij te hoge temperaturen in vleesvarkensstallen ('hitte-stress'), zoals eerder genoemd in het VELD-rapport [Smits et al, 2005]. Het effect op de NH_3 emissies van dergelijke hokbevuiling door hitte-stress wordt voor augustus 2003 geschat op een verhoging van ca. 50-60% uit vleesvarkensstallen [afgeleid uit experimenteel werk van Aarnink et al., 2006]. Vanwege de grote relatieve bijdrage van varkensstallen in het VELD-gebied, zou de lokale stalemissie met ongeveer 40% toenemen door hitte-stress. Voor de niet-lokale stalemissies is de bijdrage door hitte-stress waarschijnlijk iets kleiner, door een kleiner aandeel van varkensstallen in de niet-lokale emissies.

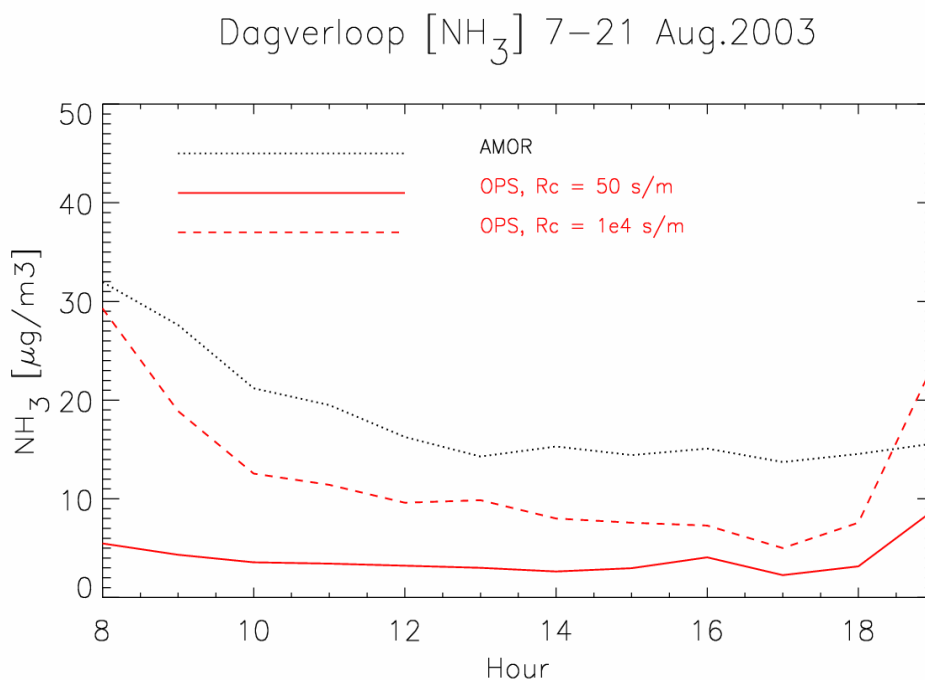


Figuur 4. Cumulatieve bijdrages (daggemiddeld) van lokale en achtergrondemissies aan de totale berekende NH_3 concentratie. De zwarte sterren laten de gemeten daggemiddelde concentratie zien (AMOR aangevuld met DOAS)

3.3 Effect van droge depositie

Uit het VELD-rapport bleek dat de droge depositie de meest onzekere modelparameter is in de eerder onderzochte maanden. De droge depositie is het proces dat het transport naar het oppervlak en de opname of adsorptie van een stof aan dat oppervlak beschrijft. In de parameterisaties van dit proces in verspreidingsmodellen speelt daarbij de oppervlakteweerstand, R_c (uitgedrukt in s/m), een belangrijke rol. De R_c geeft de weerstand weer die ammoniak ondervindt bij opname door de plant of bodem. De R_c is bijvoorbeeld laag als het bladoppervlak nat is, vanwege de hoge oplosbaarheid van NH_3 . In de hier gepresenteerde standaard modelrun heeft de R_c een constante waarde van 50 s/m. Een vergroting van R_c doet de depositiesnelheid dalen en daarmee de NH_3 concentratie stijgen.

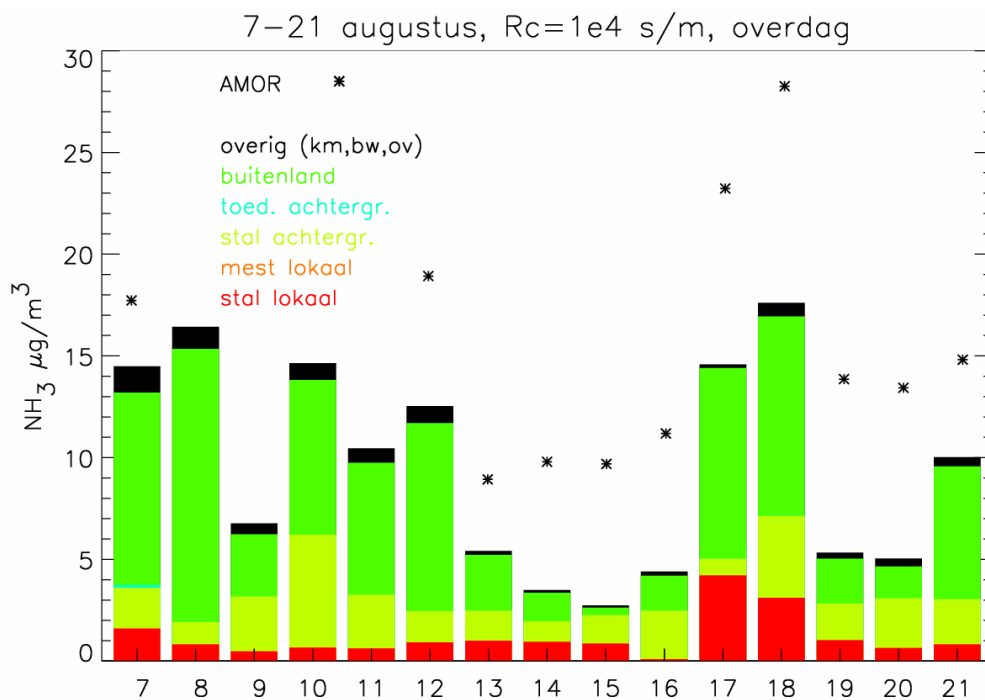
De effectieve oppervlakteconcentratie van NH_3 in gewas (en bodem) ofwel compensatiepunt is een andere factor die de droge depositie beïnvloedt. Als dit compensatiepunt de concentratie van NH_3 in de lucht benadert, vermindert de droge depositie. Wanneer de NH_3 concentratie in de plant of bodem groter wordt dan de luchtconcentratie, treedt er (her)emissie in plaats van depositie op [Sutton et al., 1995]. In OPS-STe wordt, evenals in andere verspreidingsmodellen, geen rekening gehouden met dit compensatiepunt. De aanname is dat de oppervlakteconcentratie 0 is, wat voor ammoniak niet zo hoeft te zijn. Met name een hoge NH_4^+/H^+ verhouding in de plant en hoge temperaturen zijn factoren die het compensatiepunt verhogen. Wanneer daarnaast de NH_3 concentratie in de lucht laag is (bv. bij lage toedieningsemissies) en het is droog, is emissie vanaf het oppervlak mogelijk.



Figuur 5. Gemiddeld dagverloop van de NH_3 concentratie van 7-21 augustus 2003 voor de AMOR metingen (gestippelde lijn), de standaard OPS-STe berekeningen (doorgetrokken lijn) en de OPS-STe berekeningen zonder depositie (gestreepte lijn)

De gevoeligheid van het model voor het depositieproces is voor 7-21 augustus onderzocht door de Rc op 10000 te stellen. Hiermee wordt de droge depositie praktisch gezien ‘afgezet’. De periode 7-21 augustus is gekozen omdat deze gekenmerkt is door droogte en geen lokale emissies door mest uitrijden (de laatste mesttoediening vond plaats op 31 juli). Dit zijn omstandigheden waarin de depositiesnelheid naar verwachting laag is.

Figuur 5 laat de resultaten zien van de standaard modelrun (waarin Rc = 50 s/m) en die van de modelrun zonder droge depositie (Rc = 10000 s/m) en de metingen. In de standaard modelrun worden de metingen zowel ’s nachts als overdag onderschat. Wanneer de depositie uitgezet wordt, zien we de berekende concentraties toenemen. ’s Nachts leidt dit afzetten van de depositie tot onrealistisch hoge concentraties die daarom niet zijn weergegeven. Het oppervlak is ’s nachts meestal nat door dauw en vormt daarom een goede “sink” voor ammoniak. Overdag komen de modelberekeningen dichter in de buurt van de gemeten concentraties, wanneer de depositie afgezet wordt in het model.



Figuur 6. Cumulatieve bijdrages van lokale en achtergrondbronnen aan de berekende NH₃ concentratie overdag, wanneer de Rc op 10000 is gezet. N.b: Voor deze figuur zijn alleen de modelresultaten/metingen tussen 9 en 18 uur gebruikt. Emissies van kunstmest (km), beweiding (bew) en overige niet-landbouw bronnen (ov) zijn niet afzonderlijk getoond vanwege hun kleine bijdrage.

De levensduur van NH₃ in het model wordt aanzienlijk verhoogd door het afzetten van de droge depositie. De verdeling van de bronnen, zoals getoond in figuur 4, verandert hierdoor. Figuur 6 laat de nieuwe verdeling van de bijdrage van de verschillende bronnen zien, voor de periode 7-21 augustus die getoond is in figuur 5. De bijdrage van achtergrondbronnen neemt relatief gezien toe. Met name de bronnen uit het buitenland, die nauwelijks een rol spelen in de standaardrun, leveren nu een grote bijdrage. De lokale stalemissies dragen nu nog slechts 10-20% bij aan de berekende NH₃ concentratie. De grootte van de achtergrondbronnen is onzeker, wat in hogere mate geldt voor de buitenlandse bronnen, die voor België en Duitsland gegeven zijn op een resolutie van 5x5 km. Bovendien wordt in het OPS-STe model uurgemiddelde regionale meteorologie gebruikt en is het transport van NH₃ tussen

bron en receptor onzekerder over lange afstanden. Deze factoren leiden tot een toename in de onzekerheid van de modelberekeningen.

Ondanks de grote onzekerheid in de bijdrage uit het buitenland lijkt het verschil tussen model en metingen uit figuur 6 onafhankelijk van deze bijdrage. De discrepanties op 12 en 17 augustus (hoge buitenlandse bijdrage) zijn vergelijkbaar met die van 13-16 augustus (kleine buitenlandse bijdrage). Daarnaast zal een eventuele systematische fout in de buitenlandse bronnen eerder een te hoge dan een te lage gemodelleerde waarde opleveren, omdat voor een langere afstand (en daarmee transporttijd) verondersteld wordt dat depositie geen rol gespeeld heeft. Voor transport gedurende de nacht is dit niet aannemelijk. De buitenlandse toedieningsemissies zijn niet gecorrigeerd voor tijdsvariaties. Dit kan ook tot een systematische overschatting leiden, omdat in deze warme periode ook in het buitenland weinig toedieningsemissies te verwachten zijn. Daar staat tegenover dat ook de buitenlandse stalemissies onderschat zouden kunnen zijn door het optreden van hitte-stress.

Uit figuur 5 blijkt dan dat er overdag nog steeds een onderschatting is van de metingen door het model, ook als verondersteld wordt dat er geen droge depositie heeft plaatsgevonden. De berekende onderdrukte depositie in het VELD-gebied gedurende deze periode overdag (9-18 uur) bedraagt 150 ± 80 g/ha. Het lijkt waarschijnlijk dat er daarnaast ook (her)emissie vanaf het oppervlak heeft plaats gevonden. Dat dit gebeurt onder warme omstandigheden is voor zowel bemest en onbemest landbouwgebied als voor natuurgebied aangetoond. [Horvath et al., 2005, Walker et al., 2006, Wichink Kruit et al., 2007].

Naast (her)emissie vanaf het oppervlak zou ook nog extra emissie door hitte-stress bij varkens opgetreden kunnen zijn. Lokale stalemissies zijn mogelijk 40% onderschat hierdoor. Deze emissies dragen echter maar voor ~10% bij aan de berekende ammoniakconcentratie bij een R_c van 10000 s/m. De andere 90% is afkomstig van niet-lokale bronnen (Nederlands en buitenlands), die voor ~75% bestaan uit stalemissies. Omdat emissies uit varkensstallen hierbij een kleinere rol spelen dan in het VELD-gebied, is een toename van 30% aan te nemen voor de niet-lokale stalemissies. Bij elkaar opgeteld betekent dit dat ten gevolge van “hitte-stress” een toename in de totale emissie van ~25 % mogelijk is.

Wanneer we deze toename in de emissies ten gevolge van hitte-stress meenemen in de modelresultaten en aannemen dat het resterende verschil tussen model en metingen verklaard kan worden uit emissies vanaf het oppervlak, dan zouden deze (her)emissies voor de periode van 7-21 augustus overdag 190 ± 220 g/ha bedragen.

4 Discussie en conclusies

De maanden juli en augustus van het VELD-project laten zeer verschillende resultaten zien wat betreft gemeten en gemodelleerde NH₃ concentraties. De relatief hoge gemeten concentraties tijdens de warme en natte maand juli worden goed gesimuleerd door het OPS-STe model. Anderzijds is er een grote onderschatting van de gemeten concentraties door het model tijdens de warme en droge maand augustus. Het model onderschat de metingen met een factor 3.

Het eerder gepubliceerde VELD-onderzoek heeft laten zien dat onzekerheden in verspreidingsparameters (m.u.v. de depositiesnelheid) een beperkte invloed hebben op de modeluitkomsten in het voorjaar [Smits et al, 2005]. Er is geen reden om aan te nemen dat dit anders is in de zomerperiode.

Onzekerheden in bronnen kunnen altijd een rol spelen. In de maand augustus zijn de emissiegegevens grotendeels slechts op regionaal niveau en als jaargemiddelde beschikbaar, omdat volgens de berekeningen van de standaard modelrun 75% van de emissies afkomstig is van buiten het VELD-gebied (3x3 km). Aangezien buiten het VELD gebied geen gedetailleerde registratie van agrarische activiteiten is uitgevoerd, worden buiten het VELD-gebied jaargemiddelde emissies gebruikt voor de modelberekeningen, met een resolutie van 500x500 m (5x5 km voor emissies uit België en Duitsland). De gemiddelde waarden zijn echter als betrouwbare benadering te beschouwen.

De onzekerheid in emissies kan echter om verschillende redenen het verschil (van een factor 3) tussen model en metingen niet verklaren. Ten eerste spelen in augustus 2003 voornamelijk stalemissies een rol. Het werd eerder al aangetoond dat stalemissies, althans in de winterperiode [Smits et al., 2003], goed gemodelleerd werden. De lokale stalemissies zijn door sterk toegenomen hokbevuiling bij te hoge temperaturen in vleesvarkensstallen ('hitte-stress') mogelijk ca. 40% hoger dan eerder berekend zonder rekening te houden met hokbevuiling. Dit percentage is kleiner voor niet-lokale stalemissies vanwege een kleiner aandeel varkensstallen. Mesttoediening heeft in de eerste drie weken van augustus niet plaatsgevonden in het VELD-gebied en hoogstwaarschijnlijk ook daarbuiten niet, vanwege de droge en warme omstandigheden. Andere emissies spelen slechts een kleine rol in de modelberekeningen.

De belangrijkste factor die het verschil tussen model en metingen zou kunnen verklaren is de onzekerheid in de droge depositie van ammoniak onder warme en droge omstandigheden. Onder die omstandigheden deponereert ammoniak aanzienlijk minder en is er eerder sprake van een (her-)verdamping van ammoniak. Dit proces wordt niet beschreven door het model. Ook in het VELD-rapport [Smits et al., 2005] werd de beschrijving van droge depositie al aangemerkt als een belangrijke onzekere factor.

Als in het model wordt aangenomen dat droge depositie volledig is uitgebleven in de eerste 3 weken van augustus 2003 verdubbelt de berekende concentratie. Hiermee kan echter het verschil tussen model en metingen slechts voor de helft verklaard worden. Ook wanneer er hierna nog rekening mee gehouden wordt dat de lokale stalemissies met ten hoogste 40% onderschat worden, en de niet-lokale stalemissies met 30%, blijft een verschil tussen model en metingen over. Dit, terwijl andere mogelijke systematische fouten eerder tot een verlaging als een verhoging van de berekende concentratie zullen leiden. Zo is de buitenlandse bijdrage waarschijnlijk overschat door een overschatting van de toedieningsemissies en een onderschatting van de (nachtelijke) depositie. De verklaring dat naast onderdrukte depositie ook (her)emissie van NH₃ heeft plaatsgevonden in deze eerste weken van augustus, wordt hiermee aannemelijk.

Doordat in deze modelrun de droge depositie uitgezet is, verandert ook de bijdrage van de verschillende bronnen en daarmee de onzekerheid van de modelberekeningen. De bijdrage van de achtergrond en met name die van buitenlandse bronnen wordt heel belangrijk. De lokale stalemissies dragen nog slechts 10-20% bij aan de berekende NH_3 concentratie, die daarnaast bepaald wordt door de achtergrondemissies. Deze onzekerheid maakt het moeilijk om de eventuele bijdrage van emissie vanaf het oppervlak te bepalen.

De berekende onderdrukte depositie in het VELD-gebied gedurende de dag (9-18 uur) van 7-21 augustus bedraagt 150 ± 80 g/ha, en de geschatte (her)emissie 190 ± 220 g/ha. Voor de berekening van deze cijfers is aangenomen dat de stalemissies en niet-lokale bronnen een maximale bijdrage leveren aan de NH_3 concentratie. Deze getallen kunnen daarmee als een minimum beschouwd worden. Het is daarnaast te verwachten dat deze (her)emissie verschilt per gewassoort en/of vorm van landgebruik, wat hier niet meegenomen is. Wanneer we aannemen dat in deze droge periode in augustus 2003 (her)emissie met dezelfde dichtheid boven heel Nederland opgetreden is, betekent dit een (extra) bron van $0,76 \pm 0,88$ kton. Om een schatting te kunnen geven op jaarbasis van het effect van onderdrukte depositie en extra emissie vanaf het oppervlak, zullen deze processen in meer detail beschreven moeten worden in het model.

Referenties

Aarnink, A.J.A., J. W. Schrama, M. J. W. Heetkamp, J. Stefanowska, T. T. T. Huynh, Temperature and body weight affect fouling of pig pens, *J. of Anim. Sci.*, p. 2224-2231, 2006

Horvath et al., L., M. Asztalos, E. Fuhrer, R. Meszaros, T. Weidinger, Measurement of ammonia exchange over grassland in the Hungarian Great Plain, *Agr. For. Meteorol.*, 130, p. 282-298, 2005

van Jaarsveld, J.A., A. Bleeker, J.W. Erisman, G.J. Monteny, J. Duyzer, D. Oudendag, Ammoniak emissie-concentratie-depositie relaties op lokale schaal, RIVM rapport 725601001, 54 p., 2000

van Jaarsveld, J.A., *The operational priority substances model – Description and validation of OPS-Pro 4.1*, RIVM rapport 500045001, 156 p., 2004

Smits, M., J. van Jaarsveld, L. Mokveld L, O. Vellinga, A. Stolk, K.. van der Hoek, W. van Pul, *VELD-project: a detailed inventarisation of ammonia emissions and concentrations in an agricultural area*, RIVM rapport 500033002, Bilthoven, 183 p., 2005

Sutton, M.A., J.K. Schjoerring, G.P. Wyers, Plant atmosphere exchange of ammonia, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A 351*, p.261-276, 1995

Walker J.T., Robarge, W.P., Wu, Y., Meyers, T., Measurement of bi-directional ammonia fluxes over soybean using the modified Bowen-ratio technique, *Agric. For. Meteorol.*, 138, p. 54-68, 2006

Wichink Kruit, R.J., W.A.J. van Pul, R.P. Otjes, P. Hofschreuder, A.F.G. Jacobs, A.A.M. Holtslag, Ammonia fluxes and derived canopy compensation points over non-fertilized agricultural grassland in the Netherlands using the new gradient ammonia-high accuracy-monitor (GRAHAM), *Atmosph. Env.*, 13 p., 2006