



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

Ontwikkelingen in de stikstofdepositie

RIVM Briefrapport 2018-0117
R.J. Wichink Kruit | W.A.J. van Pul



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

Ontwikkelingen in de stikstofdepositie

RIVM Briefrapport 2018-0117
R.J. Wichink Kruit | W.A.J. van Pul

Colofon

© RIVM 2018

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.

DOI 10.21945/RIVM-2018-0117

R.J. Wichink Kruit (auteur), RIVM
W.A.J. van Pul (auteur), RIVM

Contact:
R.J. Wichink Kruit
MIL-LKG
Roy.Wichink.Kruit@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van Verbetering motivering PAS

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

Publiekssamenvatting

Ontwikkelingen in de stikstofdepositie

Het RIVM heeft beschreven wat de samenstelling is van de stikstof die tussen 2005 en 2016 in Nederland op het oppervlak (bodem en planten) is neergedaald. Ook is beschreven op welke manier het RIVM deze zogeheten stikstofdepositie bepaalt. Hiervoor wordt onder andere gekeken in hoeverre ammoniak bijdraagt aan de totale stikstofdepositie. Ammoniak is een belangrijk onderdeel van de totale depositie van stikstof. In de onderzochte periode bestond de totale stikstofdepositie (N) voor tweederde uit ammoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) en voor eenderde uit stikstofoxiden ($\text{NO}_x\text{-N}$).

De landelijk gemiddelde stikstofdepositie bedroeg in 1990 ruim 2700 mol stikstof per hectare en is sindsdien geleidelijk gedaald tot ruim 1700 mol stikstof per hectare in 2016. De daling is de laatste jaren afgevlakt. Dit komt onder andere doordat de ammoniakuitstoot niet meer daalde. Volgens de 'Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen Nederland - rapportage-2017' van het Planbureau voor de Leefomgeving zal de totale uitstoot en daardoor ook de depositie van stikstof in de toekomst weer verder afnemen.

De uitstoot van ammoniak wordt gebruikt om de concentraties hiervan in de lucht te berekenen, en op basis daarvan de depositie van ammoniak. De berekeningen worden vervolgens gecorrigeerd met de gemeten concentraties. Over de gehele periode tussen 2005 en 2016 is de berekende uitstoot van ammoniak gedaald. De gemeten ammoniakconcentratie over dezelfde periode steeg licht. Deze tegengestelde tendensen zijn nader onderzocht.

Meerdere factoren hebben invloed op de concentraties ammoniak in de lucht. Doordat de lucht de afgelopen jaren minder vervuilende stoffen bevat waaraan ammoniak zich kan binden, zoals stikstof- en zwaveloxiden, is er relatief meer ammoniak in de atmosfeer overgebleven. Het uiteenlopen van de ontwikkelingen in de gerapporteerde emissies en de gemeten concentraties kan dus gedeeltelijk worden verklaard door de afgenomen emissies van stikstof- en zwaveloxiden. Het RIVM onderzoekt momenteel verder of er mogelijke verklaringen vanuit de emissiekant zijn voor het resterende verschil tussen de gerapporteerde emissies en de gemeten concentratie van ammoniak door de jaren heen. Dit onderzoek zal eind 2018 afgerond worden.

Kernwoorden: stikstofdepositie, ammoniak, stikstofoxiden

Synopsis

Developments in nitrogen deposition

RIVM has described the composition of the nitrogen that has settled on the surface (soil and plants) in the Netherlands between 2005 and 2016. It has also been reported how RIVM determines this so-called nitrogen deposition. This includes examining the extent to which ammonia contributes to the total nitrogen deposition. Ammonia is an important component of the total deposition of nitrogen. In the period studied, the total nitrogen deposition (N) consisted of two-thirds of ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) and one-third of nitrogen oxides ($\text{NO}_x\text{-N}$).

The national average nitrogen deposition in 1990 was more than 2700 moles of nitrogen per hectare. Since then, it has gradually declined to more than 1700 moles of nitrogen per hectare in 2016. The decline has levelled off in recent years. This is partly due to the fact that the ammonia emission no longer declined. According to the 'Emission estimates for air pollutants in the Netherlands – reporting 2017' from the Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL) the total emission and therefore the nitrogen deposition will decline further in future.

Ammonia emissions are used to calculate its concentrations in the air, and on this basis the ammonia deposition. The calculations are then corrected by the measured concentrations. The calculated ammonia emissions declined over the entire period between 2005 and 2016. The measured ammonia concentration over the same period increased slightly. These contrasting tendencies have been investigated further.

Several factors influence the concentrations of ammonia in the air. Since in recent years the air contains less pollutants to which ammonia can bind, such as nitrogen and sulphur oxides, relatively more ammonia remains in the atmosphere. The divergence of trends in the reported emissions and the measured concentrations can therefore partly be explained by the decreased emissions of nitrogen and sulphur oxides. RIVM is currently investigating the emissions to find out whether these provide any explanations for the remaining difference between the reported emissions and the measured concentration of ammonia over the years. This investigation will be completed by the end of 2018.

Keywords: nitrogen deposition, ammonia, nitrogen oxides

Inhoudsopgave

- 1 Inleiding — 9**
- 2 Samenstelling van de stikstofdepositie — 11**
- 3 Vaststelling van de stikstofdepositie op basis van metingen en berekeningen — 13**
- 4 Ontwikkelingen in de ammoniakemissies en –concentraties tussen 2005-2016 — 17**
 - 4.1 Ontwikkelingen in de emissies — 17
 - 4.2 Ontwikkelingen in de concentraties — 17
 - 4.3 Verklaringen voor het uiteenlopen van de trends — 19
- 5 Ontwikkelingen in de stikstofdepositie — 21**
- 6 Toekomstige ontwikkeling van de stikstofdepositie — 23**
- 7 Referenties — 25**

1 Inleiding

In deze notitie zal een overzicht worden gegeven van de samenstelling van stikstofdepositie, hoe deze wordt vastgesteld en hoe deze zich in de tijd ontwikkelt. Tevens zullen in deze notitie verschillen in ontwikkelingen in ammoniakemissies en -concentraties worden geduid.

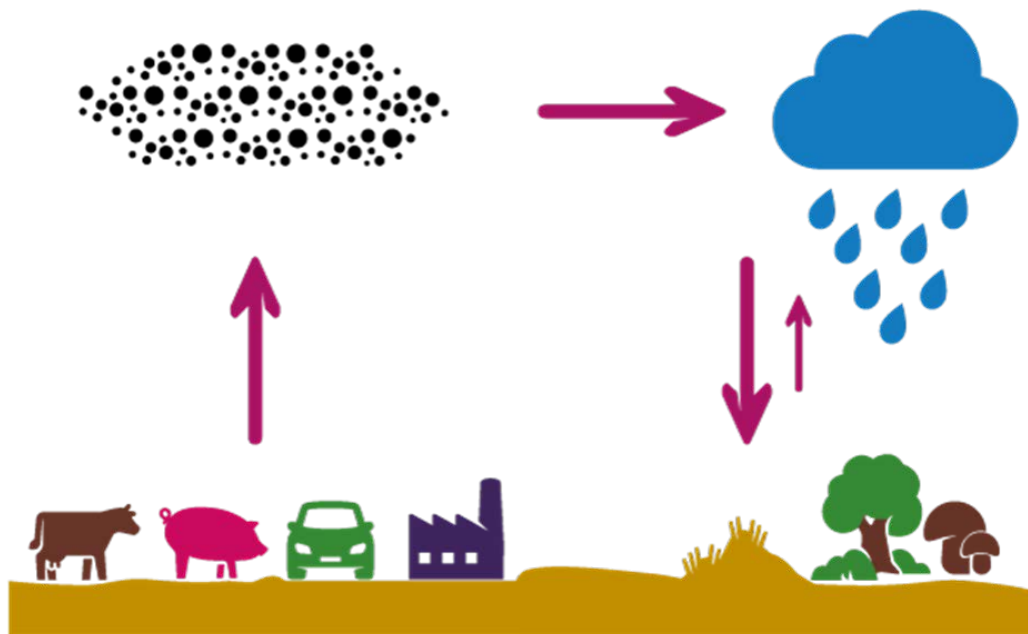
Er bestaan verschillende vormen van stikstof in de atmosfeer. De meest voorkomende vorm van stikstof is moleculair stikstof, N_2 . De atmosfeer bestaat voor bijna 78% uit deze vorm van stikstof. Deze vorm van stikstof kan echter maar door een zeer beperkt aantal plantensoorten (de vlinderbloemigen) worden gebruikt als voedingsstof. De meeste plantensoorten kunnen alleen stikstof in de vorm van andere verbindingen, zogenaamd reactief stikstof, opnemen. Het is vooral (de overmaat aan) reactief stikstof dat in het milieu tot problemen leidt. In het Programma Aanpak Stikstof (PAS) gaat het dan ook vooral om de regulering van deze vorm.

Reactief stikstof kan worden gevormd door natuurlijke processen in de atmosfeer, b.v. elektrische ontladingen/bliksem (vooral in de vorm van NO) en door stikstofbindende bacteriën in natuurlijke ecosystemen. De grootste hoeveelheid reactief stikstof wordt echter door de mens geproduceerd. Enerzijds door verbranding van fossiele brandstoffen (vooral in de vorm van geoxideerd stikstof), anderzijds door de productie van kunstmest (vooral in de vorm van gereduceerd stikstof). Als het stikstof eenmaal als reactief stikstof in omloop is, kan het van de ene vorm in een andere vorm overgaan, de zogenaamde stikstofcascade. Zo wordt reactief stikstof door planten omgezet in eiwitten (organisch stikstof), die op hun beurt door dieren worden opgegeten en gebruikt kunnen worden om zelf eiwitten te produceren. Een deel van de opgenomen voedingsstoffen wordt door de dieren niet gebruikt en verlaat het dier weer in de vorm van mest en urine, die op hun beurt weer door planten kunnen worden gebruikt als voedingsstof. In de bodem kan een deel van het nitraat door denitrificerende bacteriën weer worden omgezet in moleculair stikstof.

2 Samenstelling van de stikstofdepositie

Om op gevoelige natuurlijke ecosystemen te kunnen neerslaan moet reactieve stikstof eerst in de atmosfeer terecht komen. Dit gebeurt door emissies van uiteenlopende bronnen van vooral ammoniak en stikstofoxiden. Stikstofoxiden worden voornamelijk geëmitteerd door verkeer en industrie, als bijproduct van verbrandingsprocessen. Ammoniak komt voornamelijk vrij bij landbouwactiviteiten door verdamping uit mest.

Hoe de uitstoot zich verspreidt, hangt af van type bron, weersomstandigheden en omgevingsfactoren, zoals het landgebruik. Eenmaal in de atmosfeer worden de stikstofgassen verdund en kunnen ze met elkaar en met andere gassen reageren om op die manier fijnstof deeltjes te vormen, die grotere afstanden kunnen afleggen. Zowel de gassen als de deeltjes worden op hun reis door de lucht ook weer naar het aardoppervlak getransporteerd door turbulente wervels in de atmosfeer en doordat ze oplossen in neerslag en op die manier weer op het aardoppervlak terecht komen (Figuur 1).



Figuur 1. Schematisch overzicht van emissie, transport en depositie van reactief stikstof.

De totale N-depositie bestaat dus uit verschillende stikstoftypen (gereduceerd (NH_x), geoxideerd (NO_y) en organisch stikstof) en verschillende vormen van depositie (droge en natte depositie). Op basis van een studie van Buijsman (2010) wordt in Nederland de depositie van organisch stikstof verwaarloosbaar geacht.

De totale stikstofdepositie kan dus als volgt worden bepaald:
N-depositie = droog NH_x + nat NH_x + droog NO_y + nat NO_y

Het meten van de droge depositie van NH_x en NO_y is zeer ingewikkeld en duur. Daarom worden deze droge depositietermen afgeleid met behulp van modelberekeningen die worden gekalibreerd aan de hand van concentratiemetingen, die veel eenvoudiger en goedkoper zijn uit te voeren. De natte depositie is wel direct te meten, maar dit gebeurt niet overal in Nederland, zodat voor het ruimtelijke beeld ook modelberekeningen nodig zijn, die dan vervolgens aan de hand van de natte depositiemetingen worden gekalibreerd.

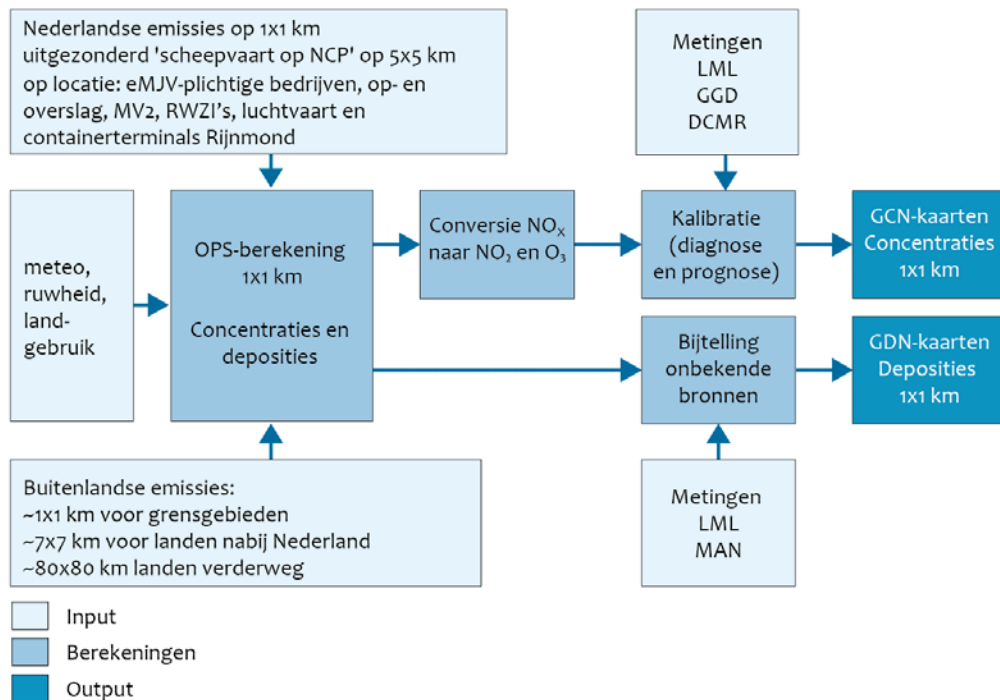
Op deze manier is de totale stikstofdepositie in Nederland in de afgelopen decennia in de Grootschalige Depositiekaarten Nederland (GDN) in beeld gebracht. Binnen het PAS is met AERIUS Monitor nog geen historische reeks van depositieberekeningen beschikbaar, maar er zal in de komende jaren wel in meer detail naar de ontwikkelingen in de individuele Natura 2000-gebieden gekeken gaan worden. Voor de ontwikkelingen tot 2016 maken we nu nog gebruik van de berekeningen die in GDN-kader zijn uitgevoerd. Deze berekeningen zijn met het OPS model¹ uitgevoerd (dat eveneens onderdeel vormt van AERIUS) en de kalibraties aan de hand van de metingen in de GDN berekeningen worden ook op de AERIUS berekeningen toegepast. Omdat in AERIUS Monitor alleen naar de depositie op relevante hexagonen gekeken wordt² en op een hoger detailniveau wordt gerekend, kan (de ontwikkeling in) de depositie in individuele natuurgebieden afwijken van het hieronder geschetste landelijke beeld.

¹ Operationele Prioritaire Stoffen model (www.rivm.nl/ops)

² Hexagonen met stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden voor soorten in N2000-gebieden (zie ook: <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/bepalen-relevante-hexagonen/>)

3 Vaststelling van de stikstofdepositie op basis van metingen en berekeningen

Hieronder wordt kort toegelicht hoe de stikstofdepositie in het kader van de Grootchalige Depositiekaarten Nederland (GDN) door het RIVM gemonitord wordt aan de hand van modelberekeningen en metingen³. Figuur 2 geeft een overzicht van de verschillende invoergegevens, de berekeningen, de nabewerkingen en de eindproducten van de GDN. De methodiek om voor iedere willekeurige plaats in Nederland de depositie te bepalen kan worden onderverdeeld in 2 stappen en is in beginsel hetzelfde voor de berekeningen met AERIUS Monitor in het kader van het PAS.



Figuur 2. Berekening grootschalige concentratie- en depositiekaarten (Velders et al., 2017).

Stap 1 – Modelberekeningen

In deze stap wordt met behulp van het OPS-model⁴ de stikstofdepositie over heel Nederland op een resolutie van 1x1 kilometer berekend. Emissiebronnen uit heel Europa dienen als invoer voor het model. Hierbij worden zoveel mogelijk gegevens over de emissies gebruikt, zoals omvang, uitstoothoogte en ruimtelijke en temporele verdeling van de bronnen, zowel voor Nederland als voor de andere Europese landen. De

³ Velders, G.J.M., Aben, J.M.M., Geilenkirchen, G.P., den Hollander, H.A., Nguyen, L., van der Swaluw, E., de Vries, W.J. & Wichink Kruit, R.J. (2017) Grootchalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapportage 2017. Rapport 2017-0117, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

⁴ <http://www.rivm.nl/media/ops/OPS-model.pdf>

Nederlandse emissies van de rapportageplichtige bedrijven (conform elektronische milieujarverslagen, e-MJV), van op- en overslag van droge bulkgoederen, van rioolwaterzuiveringsinstallaties en van luchtvaart zijn op locatie bekend. De overige Nederlandse emissies worden door de Emissieregistratie (ER) op een raster van 500x500 meter beschikbaar gesteld. Voordat de emissies worden gebruikt in de OPS-berekening, worden ze geaggregeerd naar een resolutie van 1x1 kilometer om in overeenstemming te zijn met de resolutie van de GDN-kaarten. In AERIUS Monitor vindt deze aggregatie niet plaats en wordt zoveel mogelijk met de gedetailleerde invoergegevens gerekend. De buitenlandse emissies zijn toegepast op een resolutie van ongeveer 7x7 kilometer voor landen in de nabijheid van Nederland (België, Verenigd Koninkrijk, Luxemburg, Frankrijk, Duitsland en Denemarken), waarbij de emissies langs de landsgrenzen zijn verfijnd tot 1x1 kilometer om overlap van buitenlandse emissies op Nederlands grondgebied te voorkomen. Voor andere Europese landen zijn de emissies geaggregeerd naar een resolutie van ongeveer 80x80 kilometer, om onnodige rekentijd te voorkomen. De zeescheepvaartemissies voor de Noordzee, inclusief het Nederlandse Continentaal Plat, zijn toegepast op een resolutie van 5x5 kilometer; de zeescheepvaartemissies in de Nederlandse havens en binnengaats varend op een resolutie van 1x1 kilometer. Samen met de invoer van weersgegevens van het KNMI en de informatie over de ruwheid van het landoppervlak en het landgebruik, berekent OPS vervolgens de verspreiding van de emissies en de depositie over heel Nederland op 1x1 kilometer binnen de GDN en op relevante hexagonalen van ca. 1 hectare binnen AERIUS Monitor. Voor berekeningen van gepasseerde jaren wordt voor Nederland gebruikgemaakt van alle emissies die door de Emissieregistratie zijn verzameld en worden meteorologische gegevens van het betreffende jaar gebruikt die van het KNMI afkomstig zijn. Voor berekeningen van toekomstige jaren worden de toekomstige emissies geschat op basis van veronderstellingen over ontwikkelingen van economische activiteiten en emissiefactoren die worden beïnvloed door beleidsmaatregelen. In de toekomstscenario's wordt het effect van het (inter)nationale beleid meegenomen. Verder wordt de langjarig gemiddelde meteorologische invoer gebruikt (1995-2004).

Stap 2 – Kalibratie op metingen

De kalibratie van de berekende grootschalige droge depositiekaarten gebeurt met metingen van de ammoniakconcentratie in de lucht in natuurgebieden (Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden, MAN⁵) en metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML⁶). Hiertoe worden de metingen tegen de modelberekeningen van de ammoniakconcentratie uitgezet in een scatterdiagram⁷ en worden de modelresultaten vervolgens met de gevonden richtingscoëfficiënt (de gemiddelde over-/onderschatting van het model) gekalibreerd. Op die manier worden de berekende concentraties op de metingen gelegd. Voor de droge depositie van NH_x wordt aangenomen dat de gevonden richtingscoëfficiënt voor de concentraties ook geldt voor de depositie, omdat de depositie direct gerelateerd is aan de concentratie in de lucht;

⁵ <https://map.rivm.nl>

⁶ <http://www.luchtmeetnet.nl>

⁷ Een scatterdiagram laat zien wat de (cor)relatie tussen twee variabelen is.

oftewel, een hogere concentratie levert ook een hogere depositie op. De kalibratie van de berekende grootschalige natte depositiekaarten gebeurt aan de hand van metingen van de concentratie van ammonium in regenwater uit het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling (LMR⁸). Omdat het in dit geval maar om een beperkt aantal van 7 meetstations gaat, wordt de natte depositie gekalibreerd met het gemiddelde verschil tussen berekende en gemeten natte depositie. Voor de droge en natte NO_y depositie wordt een vaste bijtelling van 25 mol per hectare gehanteerd⁹.

De kalibratie zorgt ervoor dat eventuele onvolkomenheden in de emissies en/of het model worden gecorrigeerd naar de metingen. Immers een toename in de emissies door bijvoorbeeld een onvoldoende naleving van stalemissiereductiemaatregelen, onjuiste toepassing van aanwendingstechnieken van dierlijke mest of ten gevolge van mestfraude zullen leiden tot een hogere concentratie. Metingen zijn niet beschikbaar voor toekomstjaren, dus kan voor deze jaren de kalibratie aan de hand van metingen niet worden uitgevoerd. Depositiekaarten voor de toekomstjaren worden gecorrigeerd aan de hand van kalibratiefactoren die zijn afgeleid zijn met behulp van langjarig gemiddelde meteorologie.

De resultaten na stap 2 worden GDN-kaarten genoemd.

Levering

De GDN-kaarten worden jaarlijks ter beschikking gesteld aan de ministeries van IenW en LNV en aan derden via de website van het RIVM¹⁰. De berekeningen en kalibraties van de depositie gebeuren in AERIUS in principe op analoge wijze. De berekening van het achterliggende kalenderjaar wordt in AERIUS echter met langjarig gemiddelde meteorologie doorgerekend om effecten van meteorologie t.o.v. het referentiejaar 2014 uit te sluiten. AERIUS gebruikt ook meer ruimtelijk gedetailleerde emissiegegevens. De totalen van de emissies op grotere ruimtelijke schaal (1x 1 km) voor de gepasseerde jaren komen overeen met die van GDN. Dat betekent dat de historische trends die in GDN uitgerekend worden overeenkomen met die voor AERIUS. De historische ontwikkelingen in de depositie zoals vastgesteld in de GDN kunnen daarmee beschouwd worden als de ontwikkelingen in de depositie van de pre-PAS periode. Voor de zichtjaren 2020 en 2030 verschillen de emissies in AERIUS wel van de GDN, omdat er in AERIUS een inschatting wordt gemaakt op basis van de benodigde depositie- en ontwikkelingsruimte in plaats van een prognose van de werkelijk verwachte emissies in de toekomst, zoals in de GDN gebeurt¹¹.

⁸ <http://www.luchtmeetnet.nl>

⁹ Buijsman, E., 2008. De bijdrage van niet-gemodelleerde bronnen aan de verzurende en vermistende depositie. PBL-rapport 550039001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven, 47 pp.

¹⁰ www.rivm.nl/gcn

¹¹ <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/beleidsuitgangspunten-bij-berekenen-depositieruimte/>

4 Ontwikkelingen in de ammoniakemissies en –concentraties tussen 2005-2016

4.1 Ontwikkelingen in de emissies

De werkgroep NEMA van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet bepaalt jaarlijks voor de Emissieregistratie de ammoniakemissie op basis van een groot aantal databestanden onder andere uit de landbouwtelling en verschillende andere landelijke registraties. In deze werkgroep zijn emissiedeskundigen van verschillende instituten van de WUR, het RIVM, CBS en PBL vertegenwoordigd. De Emissieregistratie voegt hier de gerapporteerde ammoniakemissies van de overige sectoren (o.a. industrie en verkeer) aan toe en rapporteert de totale Nederlandse ammoniakemissie. Voor de periode 2005-2016 staan de gerapporteerde totale Nederlandse ammoniakemissies weergegeven in Figuur 3.

Er is een daling in de totale ammoniakemissie uit de landbouw, tot en met 2013 waarna een stijging optreedt. Deze daling is te verklaren door meerdere factoren en processen. Een van deze processen is de toename van emissiearme varkens- en kippenstallen, dit zorgt ervoor dat de ammoniakemissies uit varkensstallen sinds 2009 aan het afnemen is. Ook wordt er steeds meer mest geëxporteerd naar het buitenland en afgezet buiten de Nederlandse landbouw. Daarnaast heeft er sinds 2008 een verschuiving plaats gevonden van mestonderwerken op bouwland naar mest injecteren. Aangezien de ammoniakemissie van mestinjectie lager is dan voor het onderwerken van mest resulteert dit in een verlaging van de emissies.

Er zijn echter ook processen die zorgen voor een stijging van ammoniakemissie. Zo is er in de jaren tot 2013 meer ammoniak geëmitteerd door melkvee, voornamelijk door een toename van de melkproductie. Na 2013 zijn daarnaast ter voorbereiding op het afschaffen van het melkquotum de melkveeaantallen gestegen. Deze stijgingen van ammoniakemissie hebben een deel van de dalingen teniet gedaan en leiden er in de recente jaren vanaf 2014 toe dat er een stijging is te zien in de totale ammoniakemissies.

4.2 Ontwikkelingen in de concentraties

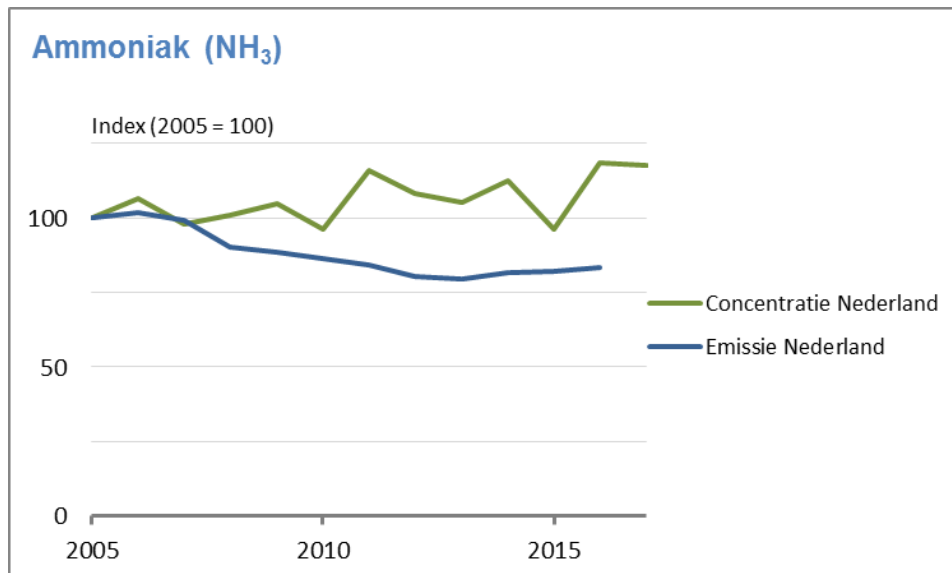
De ammoniakconcentratie in de lucht wordt gebruikt om de ontwikkelingen in de emissies van ammoniak te volgen en is van de componenten die momenteel gemeten worden daarvoor ook het meest geschikt¹². Het volgen van de ammoniakemissies door middel van concentratiemetingen (uurlijks) in de lucht vindt sinds 1993 plaats op acht LML-stations die zich bevinden in zowel hoog als laag belaste gebieden verspreid over heel Nederland. Sinds 2005 worden er daarnaast in een groot aantal Natura 2000-gebieden maandelijkse

¹² Wichink Kruit, R.J., J. Aben, W. de Vries, F. Sauter, E. van der Swaluw, M.C. van Zanten, W.A.J. van Pul, 2017. Modelling trends in ammonia in the Netherlands over the period 1990-2014. Atmospheric Environment 154. pp 20-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.01.031>

ammoniakconcentraties gemeten. Voor het landelijke beeld van de ontwikkelingen in de ammoniakconcentratie in de tijd worden alleen meetlocaties in Natura 2000-gebieden gebruikt die sinds 2005 of 2006 actief zijn en dus een langere tijdserie omvatten. In totaal gaat het hierbij om 27 Natura 2000-gebieden bovenop de acht LML stations die al sinds 1993 operationeel zijn, dus vanaf 2005 om in totaal 35 meetlocaties. Op de twee LML stations (Huijbergen en Eibergen) waar sinds 2016 de uurlijkse metingen gestopt zijn, wordt met passieve samplers op maandbasis doorgemeten om de concentratieontwikkelingen op deze locaties te kunnen blijven volgen.

Recent zijn er vraagtekens geplaatst over de invloed van stallen op twee van de LML-stations (Vredepeel en Wekerom) en dat daarmee het landelijk beeld te veel beïnvloed zou zijn. De invloed van de meetstations is afwezig in de kalibratie van de depositie (stap 2 in Hoofdstuk 3) omdat de meetstations daarin niet worden meegenomen. Het blijkt verder dat de invloed van de lokale bronnen op de *trend* in de ammoniakconcentratie op de twee meetlocaties beperkt is. Deze stations worden daarom wel meegenomen in de bepaling van het landelijk beeld van de trend in de ammoniakconcentratie¹³.

In onderstaande figuur is naast het verloop van de emissies van 2005 tot 2016 ook het verloop van de ammoniakconcentraties op de 27 MAN gebieden plus de 8 LML locaties van 2005 tot 2017¹⁴ toegevoegd. De trend in de ammoniakemissie komt over deze periode uit op -2% per jaar, terwijl de trend in de ammoniakconcentratie over deze periode ongeveer +1% per jaar bedraagt.



Figuur 3. Ammoniakconcentratie en -emissietrend (bron: CLO 008112, 2017; geüpdate met 2016 en voorlopige data voor 2017).

¹³

https://www.rivm.nl/Onderwerpen/A/Ammoniak/Direct_naar/Reactie_RIVM_op_Ammoniak_in_Nederland_Een_noordoostelijke_spelbreker

¹⁴ Op basis van voorlopige meetgegevens 2017.

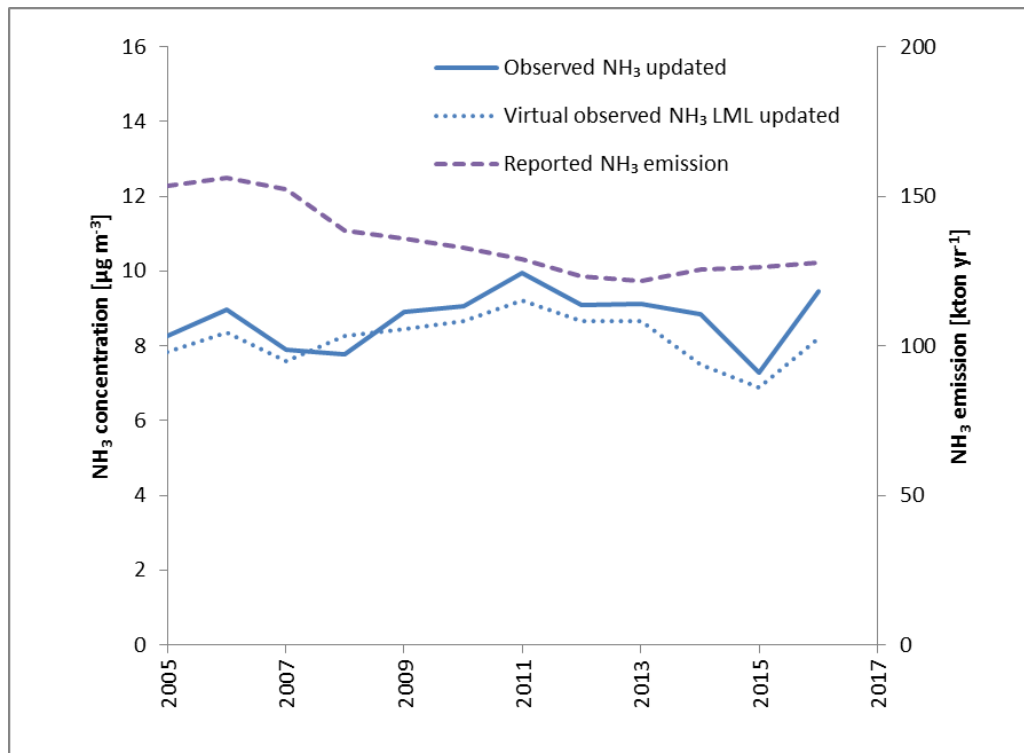
4.3 Verklaringen voor het uiteenlopen van de trends

Eerder heeft RIVM onderzocht waar het verschil tussen de trends in ammoniakemissies en ammoniakconcentraties vandaan komt.¹⁵ Dit onderzoek heeft uitgewezen dat de chemische omstandigheden van de atmosfeer en de weersomstandigheden een belangrijke invloed hebben op de ammoniakconcentratie. Als de effecten van chemie en weersomstandigheden in rekening gebracht zouden worden, dan zouden de concentraties voor de periode 2005-2016 lager geweest zijn dan dat ze zijn gemeten (Figuur 4). Oftewel, de huidige chemische samenstelling van de atmosfeer is zodanig dat er minder ammoniak wordt omgezet in ammoniumdeeltjes en minder makkelijk deponeert door de lagere zwavel- en stikstofdioxide niveaus en dat leidt ertoe dat ammoniak dus langer in de lucht verblijft waardoor de concentraties minder snel dalen dan op basis van de emissiereductie verwacht zou worden. Deze processen verklaren ca. tweederde van het verschil in de trends tussen de ammoniakemissies en -concentraties. Dit effect is ook in andere Europese landen waargenomen (e.g. Hongarije, Verenigd Koninkrijk^{16, 17}).

¹⁵ Wichink Kruit, R.J., J. Aben, W. de Vries, F. Sauter, E. van der Swaluw, M.C. van Zanten, W.A.J. van Pul, 2017. Modelling trends in ammonia in the Netherlands over the period 1990-2014. *Atmospheric Environment* 154, pp 20-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.01.031>

¹⁶ Horvath, L., Fagerli, H., Sutton, M.A., 2009. Long-term record (1981-2005) of ammonia and ammonium concentrations at K-Pusztá Hungary and the effect of sulphur dioxide emission change on measured and modelled concentrations. In: Sutton, M., Reis, S., Baker, S.M.H. (Eds.), *Atmospheric Ammonia*. Springer Science, Dordrecht, pp. 181-186.

¹⁷ Tang, Y. S. and Braban, C. F. and Dragosits, U. and Dore, A. J. and Simmons, I. and van Dijk, N. and Poskitt, J. and Dos Santos Pereira, G. and Keenan, P. O. and Conolly, C. and Vincent, K. and Smith, R. I. and Heal, M. R. and Sutton, M. A., 2018. Drivers for spatial, temporal and long-term trends in atmospheric ammonia and ammonium in the UK. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18, 705–733. <https://doi.org/10.5194/acp-18-705-2018>



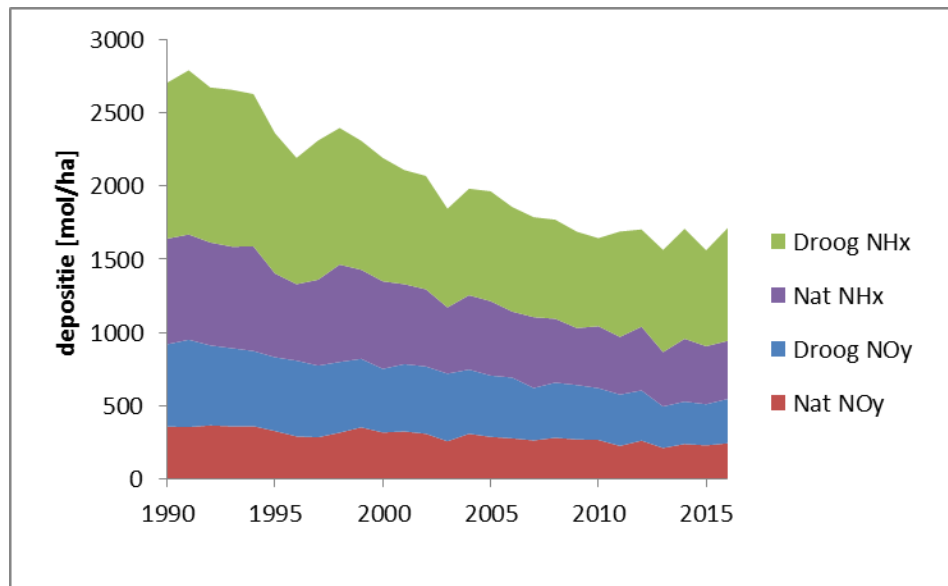
Figuur 4. Tijdserie van de gerapporteerde ammoniak emissie (Jimmink et al., 2015; gestreepte lijn) en de geobserveerde jaargemiddelde ammoniakconcentratie op de acht LML stations (doorgetrokken lijn) tussen 2005 en 2016. De gestippelde lijn toont de virtuele concentratie als er geen verandering in de chemische omstandigheden, geen codepositie van ammoniak en zwaveldioxide en geen jaarlijkse variatie in de meteorologie zouden zijn geweest.

Bovengenoemde effecten kunnen dus niet het gehele verschil tussen de trends in de ammoniakemissies en ammoniakconcentraties verklaren. Naar aanleiding van deze studie is een vervolgonderzoek gestart waarbij meer specifiek naar de periode 2005 – 2016 wordt gekeken en waarbij ook de MAN gebieden waar sinds 2005/2006 metingen zijn verricht worden betrokken. Verder onderzoekt het RIVM samen met de NEMA of er mogelijke verklaringen vanuit de emissiekant kunnen zijn voor het resterende verschil. Op basis daarvan kan RIVM een inschatting maken in hoeverre er nog sprake is van een (significant) verschil tussen de trends in de emissies en de concentraties van ammoniak of beter in de berekende concentraties van ammoniak op basis van de emissies en de gemeten concentraties van ammoniak. De resultaten hiervan worden in het najaar van 2018 verwacht.

Een eventuele overschatting van de emissiedaling en daarmee van de reductie van de depositie berekend met AERIUS Monitor wordt gecorrigeerd. De droge depositie wordt namelijk gekalibreerd met het verschil tussen gemodelleerde en gemeten ammoniakconcentraties (zie Hoofdstuk 3). Daardoor zal een aanpassing van de emissies in de trend niet of nauwelijks leiden tot een verandering in de in kaart gebrachte totale NH_x depositie.

5 Ontwikkelingen in de stikstofdepositie

Voor het landelijke beeld wordt elk jaar in de GDN (sinds de inwerkingtreding van het PAS door AERIUS Monitor ook voor de individuele hectaren in Natura 2000-gebieden) een inschatting gemaakt van de depositie in het achterliggende kalenderjaar (zie Hoofdstuk 4). De ontwikkeling van de landelijk gemiddelde depositie wordt jaarlijks door het RIVM op het compendium voor de leefomgeving gerapporteerd¹⁸. In Figuur 5 is de totale stikstofdepositie onderverdeeld in droge en natte NH_x en NO_y depositie¹⁹.



Figuur 5. Verloop van de stikstofdepositie in de tijd (update van GCN/GDN, 2018).

De landelijk gemiddelde stikstofdepositie bedroeg in 1990 ruim 2700 mol stikstof per hectare. De stikstofdepositie is sindsdien geleidelijk gedaald tot het huidige niveau van ruim 1700 mol stikstof per hectare.

De daling in stikstofdepositie op lange termijn (1990-2016) is het gevolg van lagere emissies van zowel stikstofoxiden als van ammoniak (zie

¹⁸ <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0189-vermestende-depositie>

¹⁹ De droge en natte NH_x depositie in de periode 2005 – 2016 is herberekend met de laatste modelversie (OPS versie 4.5.2, die ook voor de GCN/GDN kaarten 2018 is gebruikt), waarbij gebruik is gemaakt van de meest recente emissiereeks van de Emissieregistratie (met definitieve cijfers voor 2016). Omdat ook alle concentratiemetingen voor de berekende jaren beschikbaar zijn, zijn de droge en de natte depositie gekalibreerd met behulp van de metingen in het jaar waarin de depositie berekend is. In de GDN 2018 wordt de depositie in het jaar 2017 berekend. Hiervoor worden de emissies van 2016 gebruikt en wordt gekalibreerd aan de hand van metingen van de voorliggende 5 jaren (2012-2016), omdat de metingen van 2017 op het moment van productie nog niet beschikbaar zijn. Dit is minder nauwkeurig dan de hierboven gehanteerde kalibratie, waarbij de emissies van het juiste jaar worden gebruikt en er per jaar wordt gekalibreerd aan de hand van de beschikbare metingen.

Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: emissies, 1990 - 2015²⁰⁾:

- De emissie van stikstofoxiden in Nederland daalde sinds 1990 met ruim 65%. Deze daling is het resultaat van maatregelen bij het verkeer (o.a. invoering katalysator), bij de industrie en in de energiesector. In het buitenland zijn vergelijkbare emissiedalingen gerapporteerd.²¹
- De ammoniak emissie door agrarische bronnen in Nederland is sinds 1990 met naar schatting 70% gedaald. Deze emissiedaling is het gevolg van maatregelen zoals verbeterde voersamenstelling, het gebruik van emissiearme stallen, het afdekken van mestilo's en het direct onderwerken van mest bij de aanwending. Vanaf 2014 zijn de ammoniakemissies na de jarenlange daling weer licht toegenomen. In het buitenland zijn de emissiedalingen beduidend kleiner of licht stijgend.²²

In Nederland is de bijdrage van ammoniak aan de stikstofdepositie gemiddeld circa twee keer zo groot als die van stikstofoxiden.

²⁰ CBS, PBL, RIVM, WUR (2017). <http://www.clo.nl/indicatoren/nl018323> (indicator 0183, versie 23 , 13 juni 2017). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

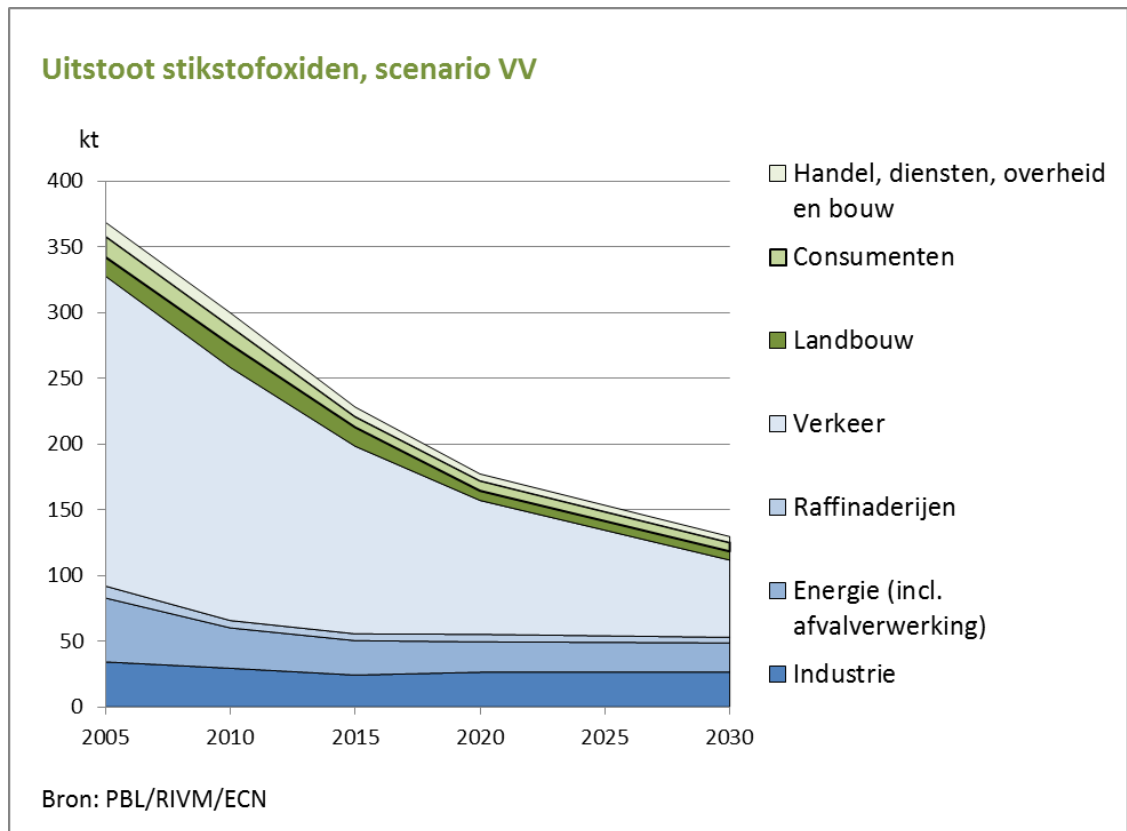
²¹ http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/

²² http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/

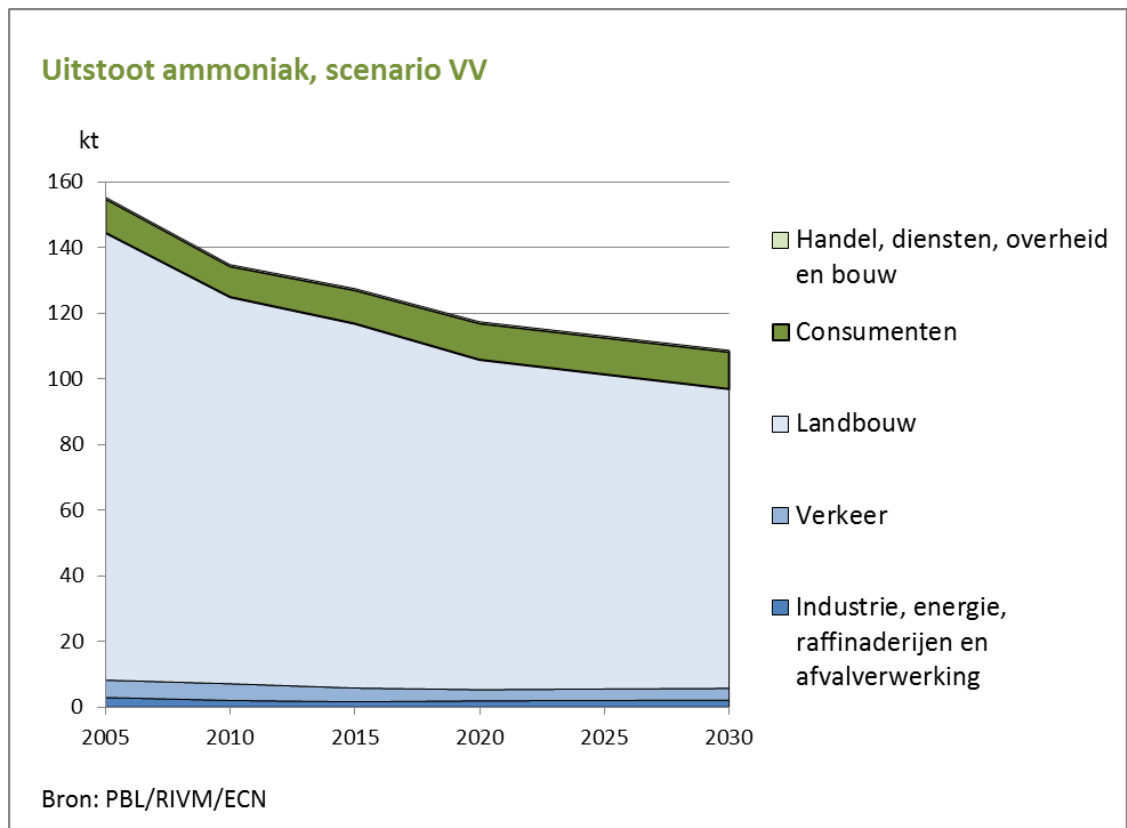
6 Toekomstige ontwikkeling van de stikstofdepositie

De verwachting is dat de emissies van NO_x en NH₃ in 2020 en 2030 verder zullen dalen (Nationale Energie Verkenning 2015, Schoots en Hammingh, 2015 en Smeets et al., 2017). Dit is het gevolg van vastgesteld en voorgenomen beleid (scenario VV in Figuur 6 en Figuur 7). De NO_x-emissies dalen van 228 kton in 2015 naar 177 en 130 kton in 2020 en 2030. De daling in de nationale stikstofoxidenemissies is terug te voeren op reducties in vrijwel alle sectoren. De grootste absolute daling vindt plaats bij het verkeer. De NH₃-emissies dalen naar verwachting van 128 kton in 2015 naar 117 en 109 kton in 2020 en 2030. De daling in de ammoniakemissies vindt voornamelijk plaats bij de landbouw. Deze daling is het gevolg van ontwikkelingen in het landbouw-, mest- en ammoniakbeleid. Voor een beschrijving van het vastgestelde en voorgenomen beleid wordt verwezen naar de Nationale Energie Verkenning (Schoots en Hammingh, 2015) en de actualisatie door Smeets et al. (2017). Voor de ontwikkeling in de buitenlandse emissies wordt er van uitgegaan dat de EU-landen voldoen aan de Europese reductieafspraken (NEC-richtlijn).

Ten gevolge van de emissiedalingen in Nederland en het buitenland zal de depositie van stikstof naar verwachting verder dalen. De gemiddelde stikstofdepositie over Nederland daalt naar verwachting met ca. 35 mol per ha per jaar van 2015 tot 2020 en met ca. 20 mol per ha per jaar van 2020 tot 2030. In totaal komt de depositie in 2030 dus ca. 370 mol per hectare lager uit (Velders et al., 2017).



Figuur 6. Ontwikkeling van de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) 2005-2030.



Figuur 7. Ontwikkeling van de uitstoot van ammoniak (NH_3), 2005-2030.

7 Referenties

Buijsman, E., 2010. De betekenis van organische stikstofverbindingen voor de stikstofdepositie in Nederland. PBL-rapport 500037014, Bilthoven, 36 pp.

Jimmink, B.A., Coenen, P.W.H.G., Droge, R., Geilenkirchen, G.P., Leekstra, A.J., Van der Maas, C.W.M., te Molder, R.A.B., Peek, C., Vonk, J., Wever, D., 2015. Emissions of Transboundary Air Pollutants in the Netherlands 1990-2013. Informative Inventory Report 2015. RIVM Report 2014-0166. Bilthoven, The Netherlands. 182 pp.

Schoots, K., P. Hammingh (2015), 'Nationale energieverkenning 2015', ECN-rapport nr. ECN-O—15-033, Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.

Smeets, W., G. Geilenkirchen, P. Hammingh, D. Nijdam, S. van der Sluis & K. Peek (2017), Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen Nederland. Rapportage 2017, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Velders, G.J.M., Aben, J.M.M., Geilenkirchen, G.P., den Hollander, H.A., Nguyen, L., van der Swaluw, E., de Vries, W.J. & Wichink Kruit, R.J. (2017) Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapportage 2017. Rapport 2017-0117, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag