

# › FACTSHEET EMISSIES EN DEPOSITIE VAN STIKSTOF IN NEDERLAND

# › FACTSHEET EMISSIES EN DEPOSITIE VAN STIKSTOF IN NEDERLAND

Dit document beoogt een **aantal vragen te beantwoorden** die TNO ontving van de **Commissie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit** (LNV) van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, betreffende **stikstofuitstoot en -depositie** in Nederland.

Deze vragen waren:

- Welke bronnen dragen in welke mate bij aan de Nederlandse problemen?
- In hoeverre is dat beeld regionaal verschillend?
- Zijn de problemen in Nederland groter dan elders in Europa? En zo ja, waarom?
- Welke maatregelen zijn (theoretisch) denkbaar om de stikstofuitstoot te reduceren en hoe groot is dan het effect daarvan?

Op basis van de huidige beschikbare informatie kan die laatste vraag op hoofdlijnen beantwoord worden, maar niet in detail; hiervoor is aanvullende studie nodig. Dit document identificeert welke sectoren het sterkst bijdragen aan de huidige emissies en deposities en bespreekt in welke richting reducties gezocht kunnen worden.

# INHOUD

## **SAMENVATTING**

4

## **WAT IS STIKSTOFDEPOSITIE?**

5

## **NEDERLANDSE EMISSIES VAN STIKSTOF**

6

## **WAAROM WORDT DE STIKSTOFDEPOSITIE OVER NEDERLAND BEREKEND MET MODELLEN?**

7

## **WELKE BRONNEN DRAGEN IN WELKE MATE BIJ AAN DE DEPOSITIE IN NEDERLAND?**

9

## **IN HOEVERRE IS HET BEELD REGIONAAL VERSCHILLENDE?**

9

## **ZIJN DE PROBLEMEN IN NEDERLAND GROTER DAN ELDERS IN EUROPA? EN ZO JA, WAAROM?**

11

## **WELKE MAATREGELEN ZIJN (THEORETISCH) DENKBAAR OM DE STIKSTOFUITSTOOT TE REDUCEREN? HOE GROOT IS HET POTENTIELE EFFECT VAN DEZE OPTIES?**

12

## **ONZEKERHEDEN**

13

## **HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE MOGELIJKHEDEN OM STIKSTOF BETER TE METEN**

14

## **BRONNEN**

15

## › SAMENVATTING

Vermesting door depositie van stikstofverbindingen leidt tot een reductie van biodiversiteit in de natuur. Ook dragen deze stikstofverbindingen bij aan de vermindering van de luchtkwaliteit en leveren gezondheidsrisico's op. Nederland behoort tot de regio's met de hoogste dichtheid van mensen, dieren en economische activiteit in Europa. De Nederlandse emissies van de totale hoeveelheid stikstof per hectare zijn het hoogst van Europa, bijna vier keer de gemiddelde waarde.

De Nederlandse stikstofemissies omvatten voor 60% emissies van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en voor 40% emissies van stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ). De landbouw is verantwoordelijk voor 61% van de totale uitstoot van stikstof. Dit komt voornamelijk door de uitstoot van ammoniak  $\text{NH}_3$  (52%) vanuit mest, en in mindere mate door de emissie van  $\text{NO}_x$  emissies vanuit kassen, mesttoediening en landbouwwerktuigen (9%). Daarnaast dragen wegverkeer (15%), Industrie (9%), niet-wegverkeer (6%) en huishoudens en kantoren (6%) ook substantieel bij aan de totale stikstof emissies in Nederland.

Wanneer stikstofverbindingen vanuit de lucht neerslaan spreken we van depositie. Nederland emitteert meer stikstof dan er in ons land neerslaat, waarmee Nederland een netto exporteur van stikstof is. De belangrijkste bijdragen aan de totale depositie in Nederland komen van de Nederlandse landbouw (ca. 45%), buitenlandse bronnen (ca. 35%) en Nederlands wegverkeer (ca. 6%). Net zoals de stikstofemissies tussen regio's verschillen, zijn ook de (effecten van) stikstofdeposities op gevoelige natuur regionaal sterk verschillend. In het algemeen zijn de overschrijdingen van de kritische depositie, waarboven het risico bestaat dat de natuur significant wordt aangetast, het hoogst in het zuidoosten en oosten van het land.

Om de stikstofdepositie te verminderen is het nodig zowel nationaal als in omliggende landen emissies te reduceren. Het is noodzakelijk zowel generieke (op  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$  gerichte) als gebiedsgerichte (op  $\text{NH}_3$  gerichte) maatregelen te nemen. Hierbij dient aangetekend te worden dat een emissiereductie per eenheid ammoniak meer winst oplevert binnen Nederland dan die van een eenheid  $\text{NO}_x$ , omdat ammoniak gemiddeld genomen dicht bij de bron neerslaat. In algemene zin kan gedacht worden aan veranderingen in de veestapel, transitie richting kringlooplandbouw, introductie van emissiearme stalsystemen en vernieuwing van de vloot aan landbouwwerk- en voertuigen. Mogelijke maatregelen om de emissies van wegverkeer te reduceren zijn snelheidsreductie, verbeterd onderhoud en vlootvernieuwing waarbij nieuwe(re) benzine en elektrische voertuigen de voorkeur verdienen.

Het begrip van de stikstofproblematiek bevat essentiële onzekerheden in de bepaling van emissies, bepaling van atmosferische concentraties en de processen die tot depositie leiden. Vermindering van deze onzekerheden zal de beoordeling van de effectiviteit van maatregelen en mitigatiestrategieën ten goede komen, zodat de juiste keuzes in reductiemaatregelen gemaakt kunnen worden. Dit zou bijvoorbeeld kunnen via een landelijk monitoringsprogramma dat gebruik maakt van nieuwe inzichten en voortgang in de techniek.

## › WAT IS STIKSTOFDEPOSITIE?

Stikstof is een element dat veelvuldig voorkomt. De lucht die wij inademen bestaat voor het overgrote deel uit stikstof in zijn pure, niet-reactieve en schadeloze vorm ( $N_2$ ). Een klein deel van de stikstof op aarde en in onze lucht is beschikbaar in de vorm van reactief stikstof. Dit zijn chemische verbindingen die stikstof bevatten en die onmisbaar zijn als voedingsstof voor de natuur. Echter, in overmaat kan reactief stikstof een schadelijke werking hebben. De belangrijkste reactieve stikstofverbindingen die de mens via emissies in de atmosfeer brengt zijn ammoniak ( $NH_3$ ) en stikstofoxiden ( $NO_x$ ) (de som van stikstofmonoxide ( $NO$ ) en stikstofdioxide ( $NO_2$ )). Deze emissies veroorzaken een verslechtering van de luchtkwaliteit voordat ze elders neerslaan (zie tekstbox p. 6).

Wanneer een stof vanuit de lucht neerslaat spreken we van depositie.

Stikstofdepositie, ook wel vermestende depositie genoemd, betreft de hoeveelheid stikstofhoudende verbindingen die door directe opname in de vegetatie en de bodem (droge depositie) of door neerslag (natte depositie) uit de atmosfeer verwijderd wordt. Niet alle  $NH_3$ , en maar een fractie van de  $NO_x$ , slaat neer in de omgeving waar deze worden uitgestoten. Een aanzienlijk deel reageert in de lucht tot stikstofhoudende fijnstofdeeltjes die door de wind honderden kilometers getransporteerd kunnen worden voordat ze elders in het land of in het buitenland neerslaan.

Stikstofdepositie is een groot probleem voor natuurbeheer aangezien deze bodemverzuring en vermesting tot gevolg heeft. In natuurlijke vegetaties en ecosystemen veroorzaakt een overaanbod aan nutriënten (vermesting) een ontwrichting. Stikstofminnende soorten kunnen sneller profiteren van dit aanbod. Slechts enkele soorten nemen dan alle plaats in, ten koste van andere, en dikwijls zeldzamere, soorten. Een voorbeeld is de vergrassing van heidegebieden op de Veluwe. Te veel stikstof heeft dus een negatief effect op de biodiversiteit. In Nederland wordt de kritische depositiewaarde voor stikstof op 72% van de landnatuur overschreden. De kritische depositiewaarde is de grens waarboven het risico bestaat dat de kwaliteit van het habitat significant wordt aangetast door de verzurende en/of vermestende invloed van atmosferische stikstofdepositie. Bijna de helft van de natuurgebieden met een overschrijding krijgt jaarlijks meer dan 10 kg stikstof per hectare (kg N/ha) natuur meer dan de kritische waarde, hetgeen vaak een overschrijding met een factor 2-3 betekent<sup>1</sup>.

## GERELATEERDE STIKSTOFPROBLEMEN

Stikstofoxiden en ammoniak hebben een negatief effect op luchtkwaliteit, zowel direct als doordat ze bijdragen aan de vorming van fijnstof en ozon (smog). Luchtverontreiniging levert een belangrijke bijdrage aan ziekte en sterfte. Alleen al blootstelling aan fijnstof is verantwoordelijk voor zo'n 4% van de ziektelast in Nederland. Na roken (13%) behoort luchtverontreiniging daarmee tot één van de belangrijkste risicofactoren, in dezelfde orde van grootte als overgewicht (5%) en weinig lichamelijke activiteit (3-4%)<sup>2</sup>. NO<sub>2</sub> zorgt vooral in steden en nabij wegen voor een vermindering van luchtkwaliteit, terwijl fijnstof op landelijk niveau voor een verslechtering van de luchtkwaliteit zorgt. Naast de invloed op luchtkwaliteit spelen stikstofverbindingen een belangrijke rol in thema's als waterkwaliteit, drinkwaterkwaliteit (nitraten) en broeikasgasemissies (lachgas)<sup>3</sup>.

## › NEDERLANDSE EMISSIES VAN STIKSTOF

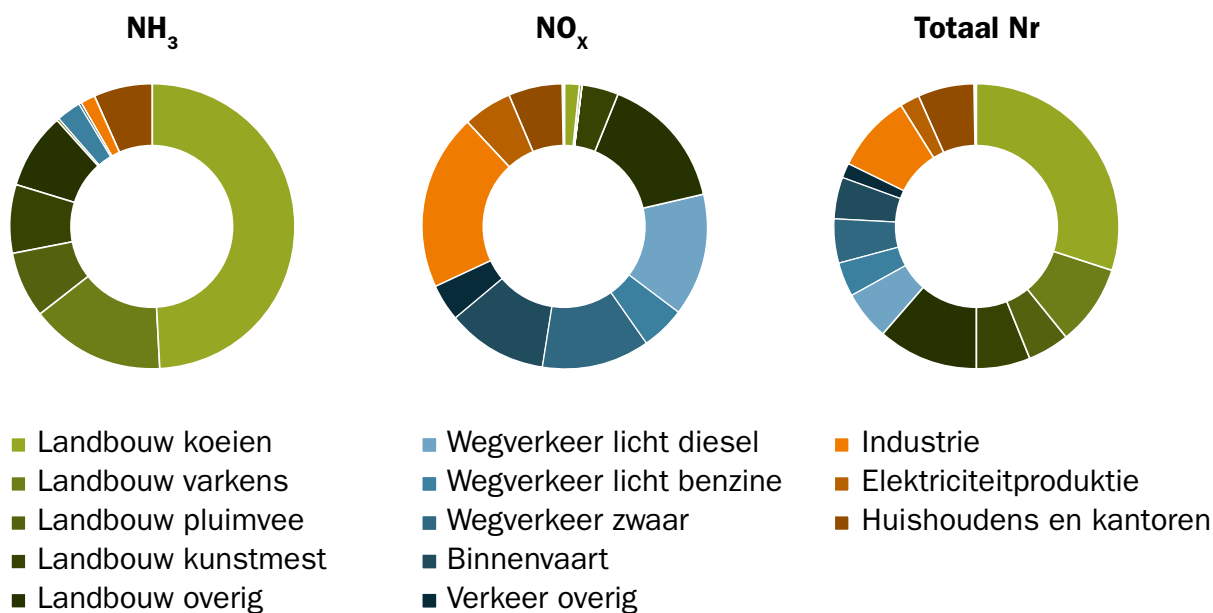
In 2017 stootte Nederland ongeveer 132 miljoen kg NH<sub>3</sub> en 242 miljoen kg NO<sub>x</sub> uit. Omgerekend is dat 109 miljoen kg stikstof (N) uit NH<sub>3</sub> (60%) en 74 miljoen kg N uit NO<sub>x</sub> (40%) en dus 183 miljoen kg N totaal.

Figuur 1 laat zien dat ammoniak voor het overgrote deel uit mestproductie van de landbouw komt, waarbij runderen (49%) en varkens (15%) de grootste bijdrage leveren. Pluimvee, kunstmestgebruik, overige landbouw en huishoudens dragen elk circa 8% bij.

Stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) worden met name uitgestoten bij verbrandingsprocessen. De grootste bronnen zijn gerelateerd aan wegverkeer (31%), industrie (20%), landbouw (21%) en binnenvaart (11%). De emissies van wegverkeer worden gedomineerd door diesilverbruik door lichte voertuigen (o.a. personenauto's en bestelwagens; 14%) en zware voertuigen (vrachtwagens en bussen; 12%). Overig verkeer bevat bijdragen van vliegverkeer (1,5%) en spoorwegen (1%). Bouwmachines (2,7%) vallen hier onder de industrie. Voor de landbouw vallen hier de emissies gerelateerd aan bemeste bodems (15%), aardgasgebruik in de tuinbouw (3,2%) en werk- en voertuigen (3,2%) onder.

Wanneer we de totale uitstoot van reactief stikstof (Nr) analyseren dan zien we dat emissies van de landbouw verantwoordelijk zijn voor 61% van de totale uitstoot. Daarnaast dragen wegverkeer (15%), Industrie (9%), niet-wegverkeer (6%) en huishoudens en kantoren (6%) ook substantieel bij. Onder huishoudens en kantoren valt ruimteverwarming, houtstook, maar ook dieren gehouden door particulieren.

De bovenstaande percentages zijn gebaseerd op de meest recente gegevens uit de Nederlandse emissieregistratie, waarbij emissies van zeescheepvaart op de Noordzee buiten beschouwing zijn gelaten.



Figuur 1. Herkomst van de emissies van ammoniak (NH<sub>3</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en totaal reactief stikstof (Nr)<sup>1</sup> naar sector in 2017<sup>4</sup>.

Emissies van stikstofoxiden en ammoniak variëren tussen de verschillende regio's in Nederland. Met name de emissies van varkenshouderijen en pluimveehouderijen zijn geconcentreerd in gebieden als bijv. de Peel en de Gelderse vallei. Emissies gerelateerd aan de melkveehouderij, hoewel gebonden aan regio's met grasland, zijn egaler verdeeld over het land. De ammoniakemissie uit landbouw is daardoor in het oosten en zuidoosten van Nederland relatief hoog. Waar de ammoniakemissies in de regio's plaatsvinden, zijn de emissies van NO<sub>x</sub> hoger in stedelijke gebieden zoals de Randstad, met name doordat verkeer, industrie en huishoudens hier een grotere rol spelen als bron voor stikstof.

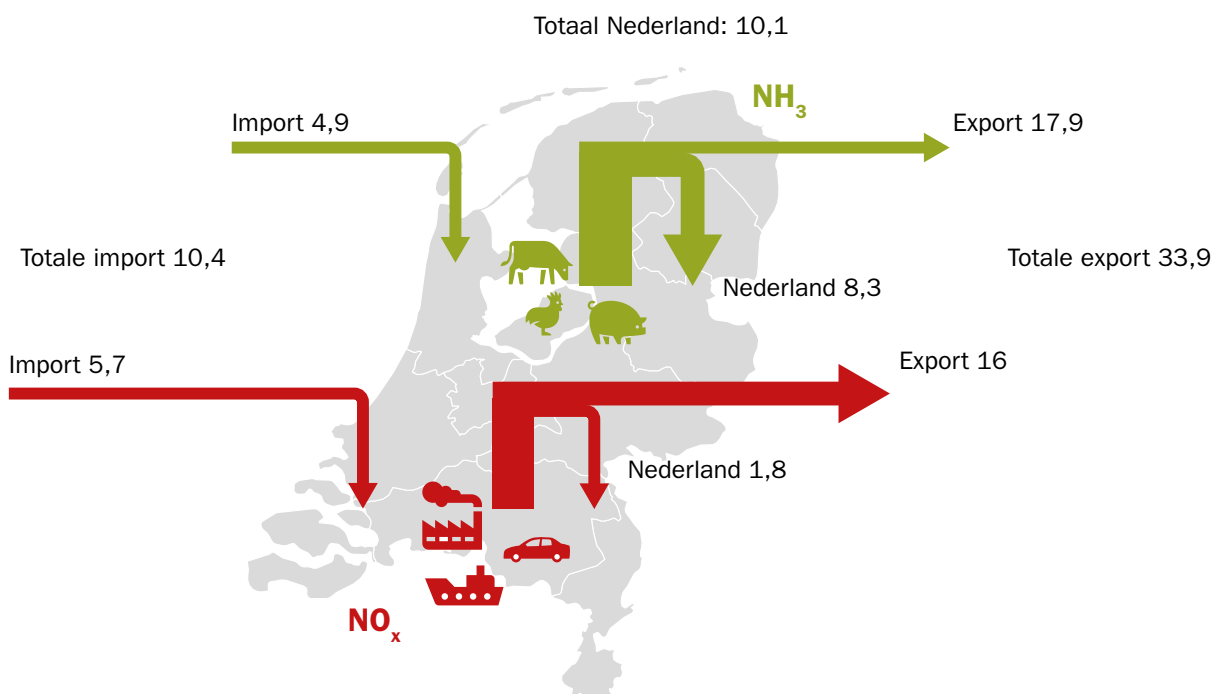
## › WAAROM WORDT DE STIKSTOFDEPOSITIE OVER NEDERLAND BEREKEND MET MODELLEN?

Alle geëmitteerde stikstof (in de vorm van NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub>) slaat uiteindelijk weer neer (depositie). Om inzicht te krijgen in de mate van depositie kan deze worden gemeten. Echter, met name het meten van de directe opname in de vegetatie en de bodem (droge depositie) is zeer moeilijk en duur, waardoor er bijna geen gemeten tijdreeksen beschikbaar zijn. Natte depositie door uitregenen is weliswaar makkelijk meetbaar, maar dit meten gebeurt op slechts een tiental punten in Nederland. Omdat de mate van depositie sterk plaats afhankelijk is, is het niet mogelijk op basis van enkel deze grondmetingen een kaart van de totale depositie over Nederland af te leiden. Daarom worden in Nederland (en elders) modellen ingezet om de stikstofdepositie te berekenen. Deze modellen berekenen de droge en natte depositie van de relevante

1 Om de emissies van NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub> op te tellen moet de eenheid gelijk zijn. Hier rekenen we naar de hoeveelheid reactief stikstof (Nr) waardoor NH<sub>3</sub> emissies met 14/17 en NO<sub>x</sub> emissies (gegeven als NO<sub>2</sub>) met 14/46 vermenigvuldigd zijn.

stikstofverbindingen. Dit gebeurt op basis van de best beschikbare gegevens over emissiebronnen en hoe emissies zich verspreiden door de atmosfeer, rekening houdend met de chemische omzettingen van stikstof en het weer (windkracht en richting, regen, etc.). De beschikbare metingen worden gebruikt om de modellen te toetsen (hieronder wordt besproken wat de onzekerheden in de modellen zijn). Deze modellen zijn tevens noodzakelijk om de effecten van maatregelen en nieuwe ontwikkelingen door te rekenen. Modellen stellen ons in staat om beter te begrijpen welke emissies verantwoordelijk zijn voor welke deposities.

Er zijn meerdere modellen beschikbaar om de depositie van stikstof over Nederland te berekenen, zoals OPS (door RIVM gebruikt voor de Grootschalige Depositiekaarten Nederland (GDN))<sup>5</sup>, EMEP (Meteorologisch Instituut Noorwegen) en LOTOS-EUROS (TNO). In Figuur 2 wordt de Nederlandse stikstofbalans geïllustreerd met de resultaten van het EMEP model. Het EMEP model wordt op Europees niveau veelal voor de onderbouwing van het beleid ingezet.



Figuur 2. Stikstofbalans van Nederland (gemiddeld per hectare) zoals berekend met het EMEP model. Import en export: stikstof dat in Nederland neerslaat vanuit het buitenland respectievelijk het deel van de emissies dat naar het buitenland verdwijnt. Alle getallen hebben de eenheid kg N/ha en slaan op het oppervlak van Nederland inclusief wateroppervlak en moeten dus gerelateerd worden aan een emissie van 44 kg N/ha per jaar. Bron:<sup>6</sup>



## › WELKE BRONNEN DRAGEN IN WELKE MATE BIJ AAN DE DEPOSITIE IN NEDERLAND BIJ?

Uit de analyse van de uitkomsten van de bovengenoemde modellen (Bronnen:<sup>6,7,10</sup>) komt het volgende beeld naar voren. De gemiddelde totale stikstofdepositie over land wordt door de modellen geschat tussen de 20 en 23 kg N/ha. Nederland stoot twee keer zoveel stikstof uit (44 kg N/ha<sup>2</sup>) dan er neerslaat en is daarmee een netto exporteur van stikstof. Afhankelijk van het gekozen model, waait een derde tot de helft van de Nederlandse ammoniakemissies de grens over. Voor NO<sub>x</sub> is dit bij alle modellen ongeveer 90%<sup>3</sup>. Tussen de 10 en 15 kg N/ha (50-65%) van de totale stikstofdepositie wordt toegekend aan nationale bronnen. Ongeveer twee derde van de stikstofdepositie in Nederland is het gevolg van NH<sub>3</sub> emissies. Circa 65% hiervan wordt door Nederlandse bronnen verklaard en de rest komt uit het buitenland. Emissies van NO<sub>x</sub> zijn verantwoordelijk voor ongeveer 35% van de depositie in Nederland (ca. 7,5 kg N/ha), waarvan ongeveer een kwart door Nederlandse bronnen verklaard wordt. Daarmee komen dus de belangrijkste bijdragen aan de totale depositie in Nederland van de Nederlandse landbouw (ca. 45%), bronnen buiten Nederland (ca. 35%) en Nederlands wegverkeer (ca. 6%).

Bij deze analyse dient opgemerkt te worden dat de modellen onderling verschillen laten zien en dat de fractie van de Nederlandse emissies die in Nederland neerslaat relatief onzeker is.

## › IN HOEVERRE IS HET BEELD REGIONAAL VERSCHILLENDE?

Omdat in tegenstelling tot NO<sub>x</sub> een substantieel deel van de uitgestoten ammoniak (NH<sub>3</sub>) binnen enkele kilometers van de bron deponert, kunnen stikstofdeposities en overschrijdingen van de kritische depositie regionaal sterk verschillend zijn. De depositie op een natuurgebied wordt dan ook sterk bepaald door aanwezigheid en type bronnen in de nabije omgeving, de afstand tot en ligging van de bronnen ten opzichte van het natuurgebied alsmede afstand tot de landsgrens. Ook is de aanwezigheid van kwetsbare natuurgebieden regionaal verschillend, bijvoorbeeld door het type bodem of de waterhuishouding.

2 Afhankelijk van hoe de oppervlakte van Nederland wordt bepaald kan deze waarde verschillen. De genoemde 44 kg N/ha geldt wanneer zowel het land als wateroppervlak van Nederland (dus incl. bijv. het IJsselmeer) wordt meegerekend, indien enkel het landoppervlak wordt geteld komt deze waarde op 50 kg/ha.

3 NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub> reageren in de lucht met andere stoffen en vormen stikstofverbindingen die in de vorm van fijnstofdeeltjes over lange afstand getransporteerd worden. Op deze manier zorgen Nederlandse bronnen voor stikstof depositie in het buitenland en buitenlandse bronnen voor depositie in Nederland.

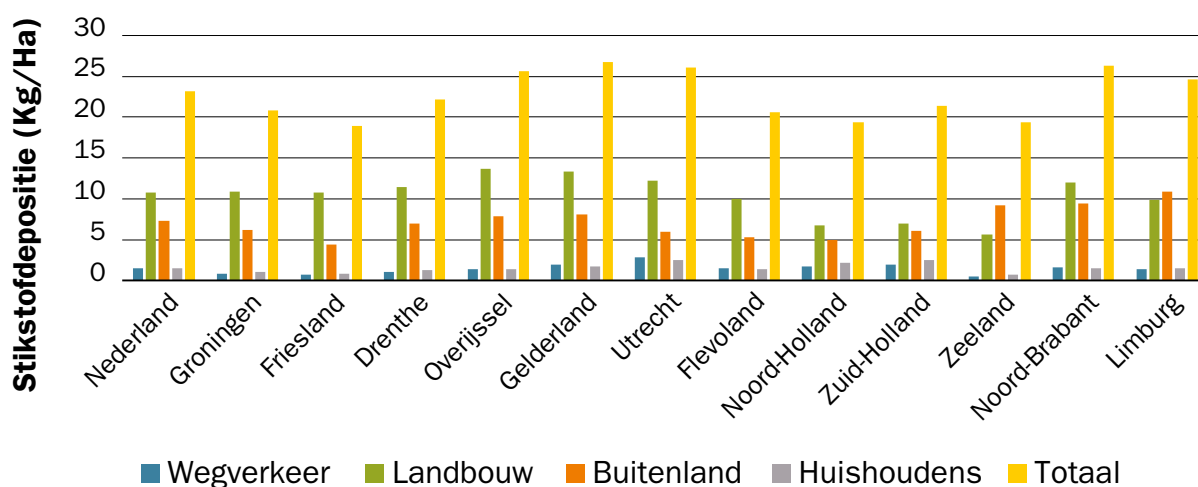
Voor deze factsheet beschouwen we in Figuur 3 verschillen op het niveau van provincies volgens de Grootchalige Depositiekaarten Nederland (GDN) gemaakt door het RIVM<sup>7</sup>:

- Stikstofdepositie in Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant en Limburg ligt hoger dan het landelijk gemiddelde.
- Nederlandse landbouw levert in bijna alle provincies de grootste bijdrage aan de depositie.
- In Zeeland en Limburg levert het buitenland een grotere bijdrage dan de Nederlandse landbouw.
- De bijdrage van het buitenland neemt met afstand tot de grens af.
- Nederlands wegverkeer en huishoudens dragen bovengemiddeld bij in de provincies Utrecht, Zuid-Holland en Noord-Holland.

De bijdrage van internationale scheepvaart is niet in Figuur 3 weergegeven maar draagt bovengemiddeld bij aan de stikstofdepositie in de kustprovincies (Zeeland, Noord-Holland en Zuid-Holland), ook al komt de bijdrage op provincieniveau nergens boven de 10% uit.

Om het potentieel van emissiereducties inzichtelijk te maken moet inzichtelijk gemaakt worden hoe specifieke bronnen (locatie, hoeveelheid en type uitstoot) op specifieke plaatsen zorgen voor depositie, hoe gevoelig de betroffen natuur is voor stikstofdepositie en wat de huidige kritische niveaus zijn. Bijvoorbeeld: op de van nature stikstofarme zandgronden in het oosten van Nederland waar veel bos en heide voorkomt, is de natuur gevoeliger voor stikstofdepositie dan op de klei- en veengronden in West-Nederland waar minder stikstofgevoelige half-natuurlijke graslanden en moerassen voorkomen. Doordat de stikstofdepositie in het oosten gemiddeld hoger is dan bijvoorbeeld aan de kust, is de mate van overschrijding van kritische depositieniveaus voor de stikstofgevoelige heide hoger dan bijvoorbeeld van de eveneens stikstofgevoelige open duinen. Dit kan in kaart gebracht worden in gedetailleerde studies.

### Variabele sectorbijdragen per provincie

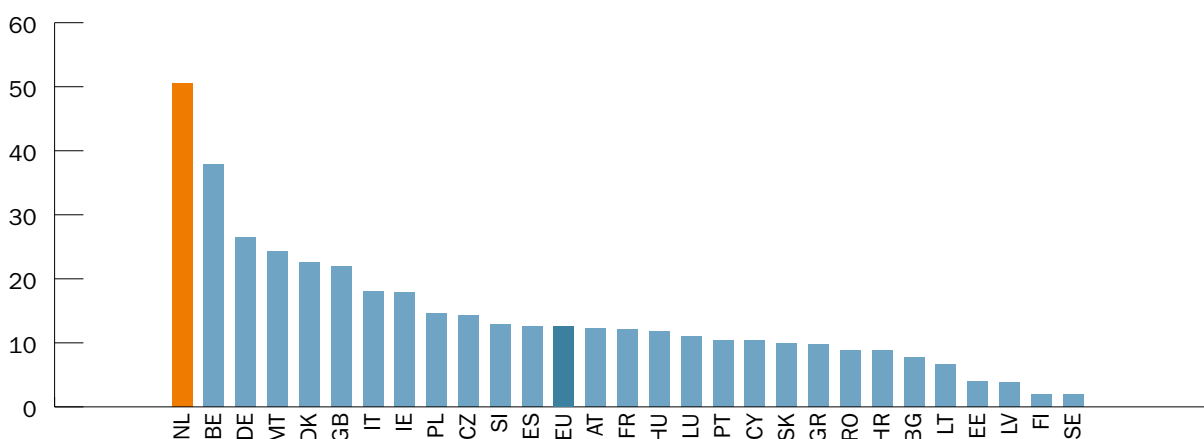


Figuur 3. Bijdragen van verschillende sectoren en buitenland aan de depositie per provincie.<sup>7</sup>

## › ZIJN DE PROBLEMEN IN NEDERLAND GROTER DAN ELDERS IN EUROPA? EN ZO JA, WAAROM?

Nederland behoort tot de regio's met de hoogste dichtheid van mensen, dieren en economische activiteit in Europa. De Nederlandse emissies van totaal stikstof per hectare zijn, met bijna 4 keer het EU-gemiddelde, het hoogst in Europa (zie Figuur 4). België en Duitsland volgen op plaats twee en drie. Regio's met een gelijkwaardige emissiedichtheid zijn Vlaanderen, de Po-Vallei in Italië, en grote delen van Noordrijn-Westfalen en Nedersaksen in Duitsland.

### Emissiedichtheid van totaal stikstof in Europa



Figuur 4. Emissiedichtheid (kg N/ha) voor Europese landen en de EU-28 in 2017.<sup>8,9</sup>

Overschrijdingen van de kritische depositie vinden in heel Europa plaats. In Nederland wordt op 72% procent van het natuurareaal de kritische depositie overschreden [1]. In Duitsland wordt dit percentage op 70 % geschat<sup>10</sup>. Voor heel Europa ligt dit percentage op circa 55%<sup>11</sup>.

## › WELKE MAATREGELEN ZIJN (THEORETISCH) DENKBAAR OM DE STIKSTOFUITSTOOT TE REDUCEREN? HOE GROOT IS HET POTENTIELE EFFECT VAN DEZE OPTIES?

Om stikstofdepositie te verminderen is het noodzakelijk om de stikstofuitstoot te verminderen. Zoals ook het rapport van de commissie Remkes aangeeft is voor het bepalen van de effectiviteit van maatregelpakketten meer studie nodig en daarover kunnen we in deze notitie geen definitieve uitspraken doen. Effectieve reductie van de stikstofdepositie zal zowel generieke als gebiedsgerichte aanpakken moeten combineren. Gezien de problematiek zal de (kosten-) effectiviteit van maatregelen sterk afhankelijk zijn van de locatie ten opzichte van de kwetsbare Natura 2000-gebieden.

Gezien de internationale dimensie van de problematiek m.b.t. grensoverschrijdende bijdragen aan de depositie biedt een gezamenlijke aanpak met de buurlanden meerwaarde. Voor Nederland ligt de focus op de reductie van ammoniakemissies voor de hand omdat een reductie van een eenheid ammoniak meer winst oplevert binnen Nederland dan die van een eenheid stikstofoxiden. We bespreken hier op hoofdlijnen in welke richtingen emissiereducties gezocht zouden kunnen worden voor landbouw en verkeer, de twee grootste emissiesectoren in Nederland die samen goed zijn voor 82% van de uitstoot (zie Figuur 1).

Naast veranderingen in de veestapel, is een oplossingsrichting de transitie richting een kringlooplandbouw waarbij de import van kunstmest en krachtvoer alsmede de export van mest geminimaliseerd wordt. Er zijn ook technische maatregelen beschikbaar om de stikstofemissies vanuit de landbouw te beperken, zoals bijvoorbeeld een lager stikstofgehalte in het veevoer en nieuwe stalsystemen inclusief luchtwassers<sup>12</sup>. Aanvullend kan het verouderde deel van de vloot aan landbouwwerk- en voertuigen versneld vernieuwd worden om NO<sub>x</sub> emissies te verminderen. Hoeveel deze maatregelen precies kunnen opleveren zal nader onderzocht moeten worden. Gezien de korte afstand waarop een belangrijk deel van de geëmitteerde ammoniak neerslaat, is de effectiviteit van maatregelen plaatsgebonden. Het is onze aanbeveling om een nationaal systeem te ontwikkelen dat kosteneffectiviteit van maatregelen ruimtelijk specifiek bepaalt zodat middelen zo optimaal mogelijk geïnvesteerd kunnen worden.

Voor het wegverkeer is het mogelijk om op korte termijn winst te boeken door een (generieke) snelheidsreductie op snelwegen, het opsporen en verhelpen van defecten bij benzinevoertuigen met hogere kilometerstanden (>150.000) en handhaving op uitschakelen van de NO<sub>x</sub>-reducerende technieken bij vrachtwagens. Op middellange termijn zijn structurele reducties mogelijk door de Nederlandse vloot versneld te vernieuwen, met name het stimuleren van moderne benzinevoertuigen ten faveure van diesel en oudere benzinevoertuigen lijkt een effectieve maatregel om verdere emissiereducties bij zowel personenauto's als bestelbusjes te bewerkstelligen.

In alle andere sectoren zijn effectieve emissiereducties mogelijk door energiezuiniger te opereren of het vervangen van fossiele brandstoffen door hernieuwbare energie. Denk daarbij bijv. aan isolatie van huizen, elektrificatie van de industrie, en emissiearm bouwen. Veel van deze maatregelen gaan hand in hand met emissiereducties van broeikasgassen. Op de kortere termijn biedt ook het vervangen van verouderde motoren, bijvoorbeeld bij schepen of mobiele werktuigen, potentieel.

Naast technische maatregelen zou verkend kunnen worden in hoeverre gedragsveranderingen en verbeterde verdienmodellen kunnen bijdragen tot een oplossing. Consumentenbewustwording en vermindering van de meest stikstof-veroorzakende consumptie zou hierin een rol kunnen spelen.

## ONZEKERHEDEN

Het begrip van de stikstofproblematiek bevat essentiële onzekerheden in de bepaling van emissies, de bepaling van atmosferische concentraties en de processen die tot depositie leiden. Vermindering van deze onzekerheden zal de beoordeling van de effectiviteit van maatregelen en mitigatiestrategieën ten goede komen, zodat de juiste keuzes gemaakt kunnen worden.

De onzekerheden hebben betrekking op:

- De kwaliteit van de gerapporteerde emissies van  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$ : Deze emissies worden zeer beperkt direct gemeten aan de bron (bijv. in industrie); in vrijwel alle gevallen gaat het om schattingen door experts. Voor  $\text{NH}_3$  emissies uit landbouw wordt ingeschat dat de onzekerheid ongeveer 25% is<sup>13</sup> en voor  $\text{NO}_x$  emissies uit wegverkeer wordt ingeschat dat de onzekerheid ongeveer 12% is<sup>14</sup>.
- De mate waarin de verspreiding en depositie van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  en relevante reactieproducten wordt gemeten:  $\text{NH}_3$  is een reactief gas waardoor het meten van de concentratie in de lucht moeilijk is. In Nederland zijn er slechts 7 stations waar uurgemiddelde concentraties gemeten worden. Daarnaast zijn er circa 250 locaties in natuurgebieden waar maandgemiddelde waarnemingen van concentraties in de lucht gedaan worden. Natte depositie is eenvoudig te meten met regenvangers en er bestaan lange tijdreeksen op 10 locaties verdeeld over het land. Zoals reeds gezegd is droge depositie zeer moeilijk te meten en duur waardoor er een beperkt aantal studies beschikbaar is. Daarnaast worden een aantal relevante stikstofverbindingen (waaronder salpeterzuur) niet standaard gemeten. Daardoor is het moeilijk de modellen te controleren op de concentraties van alle relevante stoffen en processen, met name voor de droge depositie.
- Het begrip van de processen die tot depositie leiden: voor het berekenen van totale depositie en de beoordeling van maatregelen worden modellen ingezet. Allereerst werken de onzekerheden in de emissies direct door in de berekende concentraties en deposities van de modellen. Tussen de berekende stikstofdepositie en de herkomst ervan kunnen (op basis van dezelfde emissiegegevens) ook significante verschillen zitten. Dit komt voor een belangrijk deel door verschillen in de berekening van de droge depositie en de vorming van fijnstof. Hierdoor is vooral de voorspelling waar de stikstof neerslaat (en dus welke natuur ermee belast wordt) aan onzekerheid onderhevig. Een voorbeeld hiervan is het resultaat voor de totale gemiddelde depositie per hectare in Nederland: de EMEP en LOTOS-EUROS-modellen berekenen dat van de jaarlijkse Nederlandse stikstofemissie (44 kg N/ha) 10 respectievelijk 11 kg N/ha neerslaat in Nederland, terwijl de Grootschalige Depositiekaart voor Nederland (GDN) op basis van het OPS-model uitkomt op 15 kg N/ha. Dit komt neer op een verschil tot 50% tussen de modellen. De eerste modellen laten daarentegen een hogere import vanuit het buitenland zien dan in de GDN, hetgeen illustreert dat het onzeker is in welke mate stikstof relatief dichtbij of verder van de bron deponert.

Deze onzekerheden zijn helaas inherent aan de stikstofproblematiek, maar zouden verminderd kunnen worden door de opzet van een geavanceerder landelijk monitoringsprogramma.

## › HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE MOGELIJKHEDEN OM STIKSTOF BETER TE METEN

Vermindering van de onzekerheden omtrent de emissies en depositie van stikstof zal de beoordeling van de effectiviteit van maatregelen en mitigatiestrategieën ten goede komen. Wij bevelen aan een geavanceerder landelijk monitoringsprogramma op te zetten in een nationale samenwerking tussen de verschillende kennishouders in Nederland (o.a. RIVM, WUR, TNO, KNMI, VU, UU). Door met intensieve samenwerking meerdere meetmethodieken en modellen te verknopen kan op systematische wijze de onzekerheid in stikstofmonitoring verminderd worden en ons begrip van de effectiviteit van maatregelen vergroot. Op deze basis kunnen sectorspecifieke en gebiedsgerichte aanpakken ontwikkeld worden.

M.b.t een geavanceerd landelijk monitoringsprogramma zien wij een aantal mogelijke ontwikkelstappen:

- Uitbreiding grondmeetnetwerk: ammoniak levert de grootste bijdrage aan stikstofproblemen, maar de concentratie in de lucht wordt in minder detail gemeten dan  $\text{NO}_x$ . Daarnaast zouden aanvullende metingen naar relevante verbindingen die nu niet gemeten worden zeer waardevol zijn.
- Nieuwe meetmethoden: optimaal gebruik maken van, en mogelijk uitbreiden van, de metingen voor de droge depositie van ammoniak die op dit moment in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM geïntroduceerd worden.
- Inzet satellietdata: satellietdata laten zien hoe  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_2$  zich verspreiden over grote gebieden in Nederland en onze buurlanden (o.a. het Nederlandse TROPOMI-instrument). TNO gebruikt zulke data al in emissie- en depositiestudies voor de Duitse federale overheid. Satellietdata dienen niet als vervanging van grondmetingen, maar zijn een aanvulling; het stelt ons in staat om dagelijks waardevolle metingen te doen over grote gebieden waar nu nog nauwelijks gemeten wordt. Ook kunnen deze helpen bij de onafhankelijke vergelijking van import en export van stikstof. KNMI, VU en TNO hebben eerder gepleit voor een satellietmissie die er speciaal op gericht is om stikstofemissies op met hoog oplossend vermogen in kaart kan brengen.
- Verbetering & integratie modellering: Er is winst te behalen door modelsystemen beter op elkaar aan te laten sluiten en hun specialismen beter te benutten door verdere integratie. Het OPS-model kan de invloed van een verandering in emissies op de naastgelegen natuurgebieden op de lokale schaal adequaat modelleren. Modellen als LOTOS-EUROS zijn beter toegerust om de invloeden van veranderende samenstelling van de atmosfeer en lange-afstandstransport mee te nemen. Door integratie en tegelijkertijd af te wijken van de huidige praktijk om met jaargemiddelden te rekenen kunnen bovengenoemde metingen optimaal benut worden.

## BRONNEN

1. Compendium voor de Leefomgeving (2018), Kwaliteit en trend stikstofbeschikbaarheid ecosystemen in 2017, <https://www.clo.nl/indicatoren/nl2045-overschrijding-stikstofdepositie-natuur>
2. Gezondheidsraad (2018), Gezondheidswinst door schonere lucht, <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2018/01/23/gezondheidswinst-door-schonere-lucht>
3. KNMI (2017), Lachgas - niet alleen om te lachen, <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/lachgas-niet-alleen-om-te-lachen>
4. Emissieregistratie (2018), Nederlandse emissiedata voor 2017 zoals officieel vastgesteld in december 2018, beschikbaar via [www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl)
5. RIVM (2019), Grootschalige Depositiekaarten Nederland, <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten>
6. Klein et al. (2018), Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O<sub>3</sub>) and PM, The Netherlands (2018), Data Note MSC-W 1/2018, [https://www.emep.int/publ/reports/2018/Country\\_Reports/report\\_NL.pdf](https://www.emep.int/publ/reports/2018/Country_Reports/report_NL.pdf)
7. Velders G.J.M. et al. (2018), Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, Rapportage 2018, RIVM Briefrapport 2018-0104, <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2018-0104.pdf>
8. CEIP (2019), Officieel gerapporteerde emissies voor 2017 door deelnemende partijen in de Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, database geraadpleegd op 24 september 2019, [https://ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/webdab\\_emepdatabase/reported\\_emissiondata/](https://ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/)
9. Eurostat, General and regional statistics, Area by NUTS3 region, database geraadpleegd op 24 september 2019, [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=reg\\_area3&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=reg_area3&lang=en)
10. Schaap, Martijn, Hendriks, C., Kranenburg, R., Kuenen, J., Segers, A., Schlutow, A., ... Banzhaf, S. (2018), PINETI-III: Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge von 2000 bis 2015 zur Bewertung der ökosystem-spezifischen Gefährdung von Biodiversität in Deutschland. UBA-Texte, 79/2018. End-Bericht zu FKZ-3714 64 2010: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-17\\_texte\\_79-2018\\_pineti3.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-17_texte_79-2018_pineti3.pdf)
11. de Wit, H.A, Hettelingh, J-P, Harmens, H. (Eds), Trends in ecosystem and health responses to long-range transported atmospheric pollutants, Report No. 6946-2015 ICP Waters report 125/2015 Project No. 10300, [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2016/AIR/Publications/Trends\\_in\\_ecosystem\\_and\\_health\\_responses\\_to\\_long-range\\_transported\\_atmospheric\\_pollutants.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2016/AIR/Publications/Trends_in_ecosystem_and_health_responses_to_long-range_transported_atmospheric_pollutants.pdf)
12. Mosquera et al. (2017), Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken, Wageningen Livestock Research, Livestock Research Rapport 645, <https://edepot.wur.nl/427311>
13. Van Bruggen et al. (2018), Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016, <https://edepot.wur.nl/452369>
14. TNO (2017), Uncertainty of the NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, PM10, PM2.5, EC2.5 and NMVOC emissions from transport, TNO report R10854, beschikbaar via <http://www.emissieregistratie.nl>

CONTACT

**Joram Schollaardt,**  
**manager Public Affairs**

📍 Den Haag – Anna van Buerenplein 1

✉ [joram.schollaardt@tno.nl](mailto:joram.schollaardt@tno.nl)

☎ +31 (0)6 - 34 26 01 86

**TNO** innovation  
for life

**TNO.NL**