



Ministerie van Landbouw, Visserij,
Voedselzekerheid en Natuur

Voortgang Nationaal Kennisprogramma Stikstof 2024

Voorwoord

Dit kabinet wil samen met de agrarische sector en met effectieve maatregelen minder stikstof uitstoten, de natuur laten herstellen en vergunningverlening weer mogelijk maken. Voor effectief beleid, gebaseerd op betrouwbare cijfers en de meest recente stand van de wetenschap, is een goede kennisbasis onmisbaar.

Met het onderzoek in het Nationaal Kennisprogramma Stikstof, het NKS, worden de data over de uitstoot, verspreiding en het neerslaan van stikstof steeds nauwkeuriger en betrouwbaarder. Ik zie het NKS als een goed voorbeeld van een waardevolle samenwerking tussen overheden, de wetenschap en de sector, waarmee al veel verbetering is bereikt. Zo zijn verschillende meetmethodes verbeterd, zijn meetnetten uitgebreid en krijgen boeren zelf meer sturingsmogelijkheden door het realtime kunnen meten van ammoniakemissie. Hierdoor krijgen provincies, boeren en LVVN de informatie in handen waarmee zij meer en meer daar waar het echt nodig is maatregelen kunnen treffen en waar we ruimte kunnen geven voor duurzaam ondernemen.

Ik vind het belangrijk om deze verbeteringen samen met de partners in het NKS en in overleg met belanghebbenden te versnellen en vernieuwing te realiseren. Samen werken we aan een gezamenlijk doel: een toekomstbestendige agrarische sector met oog voor de verbetering van de natuur. Waar de vakkennis en verantwoordelijkheid van boeren en tuinders weer centraal komen te staan.

Ik wens u veel leesplezier in deze rapportage Voortgang Nationaal Kennisprogramma Stikstof 2024.

Femke Marije Wiersma

Minister van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur



Beeld: Martijn Beekman

Inhoud

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 Verbeteren kwaliteit landelijke meetnet en rekenmodellen | 7 |
| Voortgang 2024 | 7 |
| Stikstofmeetnetten verder uitgebreid | 7 |
| Kwaliteit van metingen beter geborgd | 8 |
| Stikstofmodellen up-to-date | 8 |
| Onzekerheden stikstofmodellen in beeld | 8 |
| Ammoniak van zee: berekeningen meer in lijn met metingen | 9 |
| Onderzoek naar state-of-the-art modellen | 9 |
| Wetenschap in de praktijk: Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden | 10 |
| 2 Onderzoek naar en verbetering van inputdata | 12 |
| Voortgang 2024 | 12 |
| Berekening excretie landbouwhuisdieren | 12 |
| Inzicht in onzekerheden INITIATOR | 13 |
| Onderzoek naar emissiefactoren voor nieuwe mestverwerkingsproducten | 13 |
| Actualisatie emissiefactoren beweiding | 14 |
| Meer differentiatie in emissiefactoren kunstmest | 14 |
| Overige stikstofverliezen uit mestopslag onderzocht | 15 |
| Kennis vergroot over NO _x -emissies uit landbouwgronden | 15 |
| Meer inzicht in depositieproces | 15 |
| Wetenschap in de praktijk: De uitdaging van betrouwbare berekeningen van landbouwemissies | 16 |
| 3 Onderzoek naar vernieuwing landelijk meetnet en rekenmodellen | 18 |
| Voortgang 2024 | 18 |
| Meer inzicht in onzekerheden stikstofmodellen | 18 |
| Modelvergelijkingen voor robuustere berekeningen | 18 |
| Satellietmetingen waardevolle aanvulling op meetnetten | 19 |
| Satellietmetingen voor emissieschattingen | 20 |
| Bredere kennisopbouw stikstofdepositie | 21 |
| Wetenschap in de praktijk: Stikstof gespot vanuit de ruimte | 22 |
| 4 Regionale omgevingsmetingen stikstof | 24 |
| Voortgang 2024 | 24 |
| Actieve samenwerking en kennisdeling tussen provincies, wetenschap en LVVN | 24 |
| Gezamenlijke kennisbehoefte overheden in beeld | 25 |
| Wetenschappelijk advies over aanpak regionaal meten | 25 |
| Wetenschap in de praktijk: Maatwerk met Meetwerk - een uniek meetnetwerk voor stikstof in Nederland | 26 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5 Bedrijfsspecifiek meten van stallen | 28 |
| Voortgang 2024 | 28 |
| Landelijke symposia bedrijfsspecifiek meten | 28 |
| De ontwikkeling van stalmeetmethoden | 28 |
| Datagebruik en -uitwisseling | 29 |
| Juridische aspecten van bedrijfsspecifiek meten | 29 |
| Wetenschap in de praktijk: eerste milieu- en natuurvergunningen op basis van doelvoorschriften gerealiseerd in Gelderland | 30 |

Leeswijzer

Het Nationaal Kennisprogramma Stikstof bestaat uit vijf programmalijnen met elk een andere inhoudelijke focus, namelijk:

1. Verbeteren kwaliteit landelijk meetnet en rekenmodellen
2. Onderzoek naar en verbetering van inputdata
3. Onderzoek naar vernieuwing landelijk meetnet en rekenmodellen
4. Regionale omgevingsmetingen stikstof
5. Bedrijfsspecifiek meten van stallen

In hoofdstuk 1 t/m 5 leest u per programmalijn wat die focus inhoudt en wat de behaalde resultaten binnen die programmalijn waren in 2024. Daarnaast vindt u in ieder hoofdstuk een praktisch voorbeeld van de meerwaarde van het onderzoek in de specials “Wetenschap in de praktijk”.

1 Verbeteren kwaliteit landelijke meetnet en rekenmodellen

Het stikstofbeleid richt zich op het terugdringen van de uitstoot en depositie van stikstofhoudende verbindingen, voornamelijk ammoniak en stikstofoxiden. Het doel hiervan is verslechtering van beschermde habitatten en soorten te voorkomen en dat een gunstige staat van instandhouding wordt gerealiseerd. In de Wet stikstofreductie en natuurverbetering zijn omgevingswaarden voor stikstof opgenomen. Dit zijn resultaatsverplichtingen om daarmee te sturen op het doel.

Voor de realisatie van de doelen is de monitoring van de voortgang en de onderbouwing van het beleid met metingen en modellen onmisbaar. Met modellen is het mogelijk om een ruimtelijk beeld te geven van de effecten van beleid en in te schatten wat het is effect van toekomstige maatregelen. Metingen geven dan weer een goed beeld van de situatie op een bepaalde plek op een bepaald moment. Metingen worden ook gebruikt om modelresultaten te valideren en de modelbeschrijving te verfijnen.

Het is daarbij belangrijk dat metingen en modellen van voldoende kwaliteit zijn. In 2019 heeft het adviescollege Meten en Berekenen zorgvuldig gekeken naar de wetenschappelijke kwaliteit van de Nederlandse systematiek voor het meten en rekenen (modellen) aan stikstofverbindingen die gebruikt worden bij de onderbouwing van het beleid. Het adviescollege kwam met een aantal adviezen om de kwaliteit te verbeteren. Het adviescollege constateerde bijvoorbeeld dat de onzekerheid in de gebruikte modellen kan worden verminderd door het aantal metingen en meetpunten uit te breiden en door het model te verbeteren onder andere door gebruik te maken van rastermodellen en door modelverbeteringen te onderzoeken en toe te passen. Binnen de programmalijn Verbeteren kwaliteit landelijke meetnet en rekenmodellen werkt met name het RIVM aan uitbreiding van metingen en verbetering van modellen.

Voortgang 2024

Stikstofmeetnetten verder uitgebreid

Het RIVM heeft verschillende meetnetten over heel Nederland om te bepalen hoeveel stikstofhoudende verbindingen er in de lucht zitten en hoeveel er in de natuur terecht komt. Conform de aanbevelingen van commissie Hordijk zijn de verschillende meetnetten uitgebreid met meetlocaties en nieuwe metingen.

- Het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN) meet inmiddels maandgemiddelde ammoniakconcentraties op ruim 330 meetlocaties. Het gaat om metingen in 94 natuurgebieden en 18 locaties buiten natuurgebieden. In 2024 is het meetnet gegroeid met 7 natuurgebieden, op ongeveer 70 van de ruim 330 locaties wordt gemeten in aanvullende opdrachten van provincies. Op 32 locaties wordt naast ammoniak ook stikstofdioxide gemeten.
- De droge depositie van ammoniak wordt gemeten met het COTAG (Conditional Time Averaged Gradient)-meetsysteem. Er draaien nu zeven systemen op zes locaties. Het doel is om uiteindelijk in tien natuurgebieden met zoveel mogelijk verschillende habitattypen operationeel te meten. Het meetsysteem stelt specifieke eisen aan de locatie en omgeving en het realiseren vraagt medewerking van terreineigenaren. Dit maakt het realiseren van nieuwe locaties een tijdsintensief proces. In 2024 zijn voorbereidingen getroffen voor nieuwe locaties en in 2025 wordt verdere voortgang verwacht.
- Voor depositiemetingen worden daarnaast proeven uitgevoerd met een eenvoudige techniek, de zogenaamde bulkvangers. Daarmee kan inzicht verkregen worden in de natte depositie in combinatie

met een deel van de droge depositie op een locatie. In 2024 zijn metingen met bulkmeters uitgevoerd op enkele meetlocaties. In 2025 wordt onderzocht in hoeverre de meetgegevens kunnen helpen bij het verkrijgen van meer inzicht in de depositie en of het zinvol is om het meetnet uit te breiden met bulkdepositiemetingen.

- In 2024 zijn verbeteringen doorgevoerd zodat de twee nieuwe meetapparaten voor ammoniumzouten (of stikstofhoudend fijnstof) beter functioneren. Data-analyse is nu opgestart en wordt vervolgd in 2025. De meetgegevens worden gebruikt voor het kalibreren en valideren van de stikstofberekeningen en bieden inzicht in meerjarige trends. Ook dienen ze als referentie voor metingen met andere methoden, bijvoorbeeld in regionale meetinitiatieven (hierover leest u meer in hoofdstuk 4).

Kwaliteit van metingen beter geborgd

In het NKS wordt ingezet op de onderbouwing, standaardisering en automatisering van dataverwerking en analyse van de metingen. Door vergelijkende studies tussen meetnetten en referentiemetingen wordt de betrouwbaarheid en precisie van de data vastgelegd en continu verbeterd.

- Voor het verhogen van de kwaliteit van de COTAG-depositiemetingen is in 2024 gewerkt aan vergelijkende studies met metingen met innovatieve onderzoeksapparatuur die depositie op een hoge tijdsresolutie kan meten. Zo wordt invulling gegeven aan een aanbeveling uit het RIVM-rapport over de COTAG-methode uit 2023¹. Dit werk wordt in 2025 voortgezet.
- Om de schaalbaarheid en kwaliteit van stikstofmetingen te verbeteren, heeft het RIVM in 2024 een database en gekoppelde veldapplicatie voor het MAN-meetnet ontwikkeld, ook wel de MAN-app genoemd. Hierover kunt u meer lezen op pagina 8 en 9.

De meetgegevens worden toegankelijk gemaakt en voorzien van duiding via diverse communicatiekanalen, zoals het Compendium van de Leefomgeving², (monitorings)rapportages en een voor dit doel nieuw ontwikkelde pagina op de stikstofwebsite van het RIVM³.

Stikstofmodellen up-to-date

Ook het onderhoud van de stikstofmodellen is onderdeel van het NKS. Het RIVM zorgt voor de operationele uitvoering van de modellen OPS-LT, OPS-ST en EMEP4NL, inclusief updates, technisch beheer en jaarlijkse actualisaties. Onderhoud is cruciaal voor betrouwbaar gebruik van de modellen. In 2024 zijn enkele ontwikkelpunten onderzocht die in 2025 meegenomen worden in de nieuwe operationele versie van het OPS-model en de invoergegevens. Het gaat bijvoorbeeld om ontwikkelingen in landgebruikskaarten, meteorologie voor prognoseberekeningen en berekeningen nabij wegen.

Onzekerheden stikstofmodellen in beeld

De onzekerheden in de berekeningen worden structureel in kaart gebracht op nationaal, lokaal en bron-specifiek niveau. Modelonzekerheden worden in de basis bepaald door vergelijkingen met beschikbare metingen. De vergelijkingen worden ook gebruikt om richting te geven aan modelverbeteringen. Ze identificeren namelijk waar in het model de grootste onzekerheden optreden. Dit is van groot belang om de betrouwbaarheid en toepasbaarheid van de modellen te waarborgen, bijvoorbeeld in beleidsvorming en vergunningverlening. Door de belangrijkste bronnen van onzekerheid te identificeren en verbeteronderzoek te agenderen en uit te voeren, blijven de modellen actueel en robuust.

¹ <https://www.rivm.nl/publicaties/ammonia-deposition-measured-with-conditional-time-averaged-gradient-cotag-systems-in>

² <https://www.clo.nl/>

³ <https://www.rivm.nl/stikstof/monitoren-advies-onderzoek/overzicht-stikstofmetingen>

Begin 2024 is het onderzoek naar onzekerheden op nationale schaal door het RIVM gerapporteerd⁴. Landelijk gezien is de onzekerheid in de berekende depositie aanzienlijk kleiner dan op een specifieke locatie in Nederland. Het onderzoek laat zien dat de droge depositiesnelheid de belangrijkste bijdrage levert aan de totale onzekerheid. Op nationale schaal zijn onzekerheden aanzienlijk kleiner doordat bepaalde onzekerheden die op lokale schaal heel belangrijk zijn op grotere schaal geen rol spelen. Aansluitend aan het onderzoek naar de onzekerheden op lokale en nationale schaal is onderzoek uitgevoerd naar de onzekerheden in de depositiebijdrage van een individuele bron. Doordat er geen depositiemetingen op verschillende afstanden van een individuele bron beschikbaar zijn, wordt momenteel de onzekerheid met behulp van het OPS-model onderzocht. In de eerste helft van 2025 zal het RIVM de resultaten daarvan rapporteren, in samenhang met een studie waarin verschillende lokale modellen met elkaar zijn vergeleken.

Ammoniak van zee: berekeningen meer in lijn met metingen

Het RIVM heeft onderzoek uitgevoerd naar het relatief grote verschil (tot 50%) tussen gemeten en berekende concentraties van ammoniak aan de kust. Het doel was om dit verschil te verklaren en verkleinen. Er is aangetoond⁵ dat het verschil niet aan de metingen ligt en er geen grote bronnen ontbreken (eerder leken ammoniakemissies vanuit zee nog de belangrijkste verklaring voor het verschil). Vervolgonderzoek⁶ heeft drie oorzaken gevonden, die een deel van het verschil verklaren. De oorzaken hebben te maken met de gegevens waarmee het rekenmodel werkt en niet zozeer met het model zelf. Deze gegevens zijn inmiddels in het rekenmodel OPS aangepast. Hiermee is de meetcorrectie met 20% afgenomen. In de bijlage bij deze voortgangsrapportage vindt u het eindrapport over dit onderzoek. In het NKS onderzoekt het RIVM de komende jaren samen met andere onderzoeksorganisaties hoe de modelberekeningen verder kunnen worden verbeterd.

Onderzoek naar state-of-the-art modellen

Binnen het NKS wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van state-of-the-art modellen, technieken en data, waarbij de voorwaarde is dat de functionaliteiten behouden blijven die gevraagd worden voor beleids-ondersteuning, monitoring en toestemmingsverlening. Het gebruik van meerdere modellen biedt een referentiekader; modelvergelijkingen zijn essentieel om de kwaliteit en betrouwbaarheid te waarborgen.

Binnen deze programmalijn wordt onderzoek gedaan naar de toepassing van twee typen state-of-the-art modellen: gridmodellen (ook wel rastermodellen genoemd) en Large Eddy Simulation:

- In 2024 is een gecombineerd gebruik van EMEP4NL (state-of-the-art gridmodel) en SHERPA, om de effecten van maatregelen beter in kaart te kunnen brengen, verder verkend door het RIVM. In 2025 worden berekeningen van de landelijke luchtkwaliteitsmonitoring gedaan met deze nieuwe configuratie, om te verkennen welke veranderingen en kansen daarmee gepaard gaan.
- De zogenoemde Large Eddy Simulation-modellen bieden de mogelijkheid om met hoge ruimtelijke resolutie de turbulentie van de atmosfeer te simuleren. Momenteel zijn deze modellen geschikt voor zowel referentieonderzoek als specifieke lokale toepassingen. Het RIVM heeft in 2024 het gebruik van de modellen DALES en microHH onderzocht, waarbij enkele (eenvoudige) casestudies zijn uitgevoerd om ervaring op te doen. Afstemming en samenwerking met andere kennisinstellingen helpt daarbij om kennis te delen en onderzoek te versterken. Tegelijkertijd wordt verkend hoe de modellen op langere termijn breder kunnen worden ingezet, bijvoorbeeld voor landelijke monitoring.

⁴ <https://www.rivm.nl/publicaties/uncertainty-in-determined-nitrogen-deposition-in-netherlands-status-report-2023>

⁵ <https://www.rivm.nl/publicaties/stand-van-zaken-ammoniak-van-zee-tussenrapportage-april-2023>

⁶ <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KU-2023-0033.pdf>

Wetenschap in de praktijk: Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden

Reflectie van RIVM over de waarde van het meetnet en verbeteringen met database en app

Het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN) van het RIVM is uniek. Nergens ter wereld wordt al zo lang, op zoveel plaatsen en elke maand opnieuw de concentratie van ammoniak in de lucht gemeten. Inmiddels bestaat het meetnet, opgericht in 2005, uit ongeveer 330 meetlocaties in ongeveer 110 (natuur) gebieden in Nederland. De meetmethode is relatief eenvoudig en goedkoop. En de ruim 100 vrijwilligers in het veld maken het MAN tot een bijzondere samenwerking. In het Nationaal Kennisprogramma Stikstof (NKS) voert het RIVM een aantal verbeteringen aan het meetnet door.



*“Deze langlopende metingen geven goed de trend in ammoniakconcentraties weer”
(Marianne Heida, wetenschappelijk medewerker).*

Hoe werkt het MAN

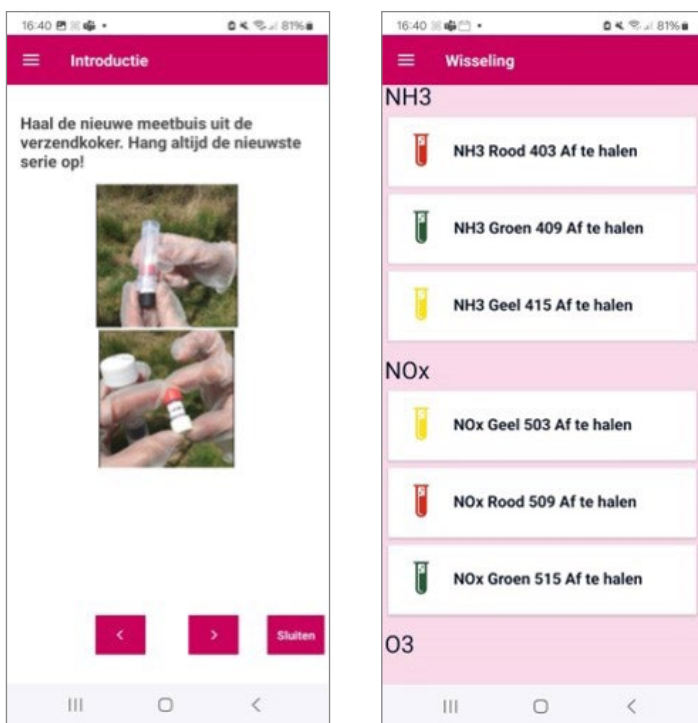
In de (natuur)gebieden hangen buisjes. Daarin zit een speciaal filter dat de ammoniak uit de lucht aan zich bindt. De samenwerking met plaatselijke terreinbeheerders staat centraal in het meetnet. Alle meetlocaties zijn samen met beheerders gekozen. Hun veldkennis was daarbij zeer waardevol. De terreinbeheerders, of andere vrijwilligers, sturen de buisjes elke maand op en houden de gegevens daarover bij. Een laboratorium bepaalt de concentratie van ammoniak in de lucht. Het RIVM kalibreert de concentraties aan metingen uit het Landelijk Meetnet Lucht kwaliteit. Het RIVM gebruikt de gegevens van het MAN om de rekenmodellen te verbeteren en bij te sturen.

Database en app verbeteren het MAN

In het NKS werkt het RIVM aan een aantal verbeteringen van het MAN. Om de schaalbaarheid en kwaliteit van stikstofmetingen te verbeteren, ontwikkelt het RIVM een database en een mobiele applicatie (een app) voor de vrijwilligers van het meetnet. Dat maakt het eenvoudiger om deze metingen ook voor andere doeleinden te gebruiken. Zo worden ze steeds vaker lokaal en regionaal toegepast in gebiedsprocessen en bij de monitoring van beleid. Sinds de start in 2005 is het meetnet gegroeid van 80 naar ongeveer 330 meetpunten. Inmiddels gaat het dus om een grote hoeveelheid data. Het RIVM werkt daarom aan een nieuwe MAN-database die het eenvoudiger maakt om de gegevens te gebruiken voor onderzoek. Ook worden de gegevens zo beter toegankelijk voor zowel beleidsmakers, politici en burgers als voor wetenschappers.

Mobiele applicatie

De vrijwilligers registreren bij het wisselen een aantal gegevens, bijvoorbeeld het tijdstip. Dat gaat nu nog op papier. Dat is veel werk in het veld en bij het RIVM. Daarom ontwikkelt het RIVM een mobiele applicatie. Hiermee kunnen de gegevens eenvoudig digitaal doorgegeven worden en beschikbaar komen in de database. Dat maakt de kans op fouten veel kleiner. Na de testfase kunnen we zo een grote stap zetten in het gemak waarmee de meetgegevens vanuit het veld naar het RIVM worden gebracht en kunnen ze grotendeels geautomatiseerd verwerkt worden. Op die manier kunnen de concentratiemetingen met de passieve samplers, ondanks beperkingen die gepaard gaan met de eenvoudige, goedkope methode, op grote schaal voor verschillende doeleinden ingezet worden.



“Het meetnet kan niet zonder de hulp van natuurbeheerders en vrijwilligers. Ook daarin is het MAN uniek.”
(Sasja Walraven, Projectleider Stikstof Meetnetten)

Ammoniakmetingen goed op orde

Met het MAN heeft Nederland de metingen van ammoniak in natuurgebieden goed op orde. Ook in vergelijking met de landen om ons heen. In Vlaanderen zijn er bijvoorbeeld minder dan 25 meetlocaties en in Duitsland ongeveer 60. Ook internationaal is er interesse in onze meetgegevens voor het verbeteren en testen van modellen. Kortom, een uniek meetnet om trots op te zijn.

2 Onderzoek naar en verbetering van inputdata

Bij de aanpak voor de integrale opgave op het vlak van natuur, klimaat en water zet de overheid in op landelijke en lokale maatregelen bij het halen van doelen. Een aantal maatregelen is specifiek bedoeld om de stikstofuitstoot te verminderen om daarmee de stikstofbelasting voor natuur te verminderen. Of deze maatregelen effect hebben wordt ingeschat aan de hand van berekeningen. Voor de berekening van de uiteindelijke depositie van stikstof wordt een aantal stappen genomen. Afhankelijk van de maatregel treedt een bepaalde emissie van stikstof op, vervolgens verspreidt deze stikstof zich en dit leidt tot ammoniakconcentraties in de atmosfeer. Gedurende de verspreiding slaat deze ammoniak neer op de bodem of wordt opgenomen door de vegetatie (depositie). Emissies uit landbouwkundige activiteiten, waaronder gasvormige emissies van ammoniak, worden berekend met het National Emission Model for Agriculture (NEMA).

In 2019 heeft het adviescollege Meten en Berekenen gekeken naar verbeteringen van meten en berekenen die mogelijk zijn in deze keten om daarmee de data voor de modellen beter te onderbouwen en onzekerheden in de modelberekeningen te verminderen. De adviescommissie concludeerde dat er verbeteringen mogelijk zijn in emissiefactoren en in de beschrijving van het depositieproces (op basis van depositiemetingen). In deze programmaliijn wordt gewerkt aan verschillende aspecten rond de berekening van stikstofemissies en de bepaling van depositiesnelheden in verschillende natuurdoeltypen.

Voortgang 2024

Berekening excretie landbouwhuisdieren

De ammoniakemissie uit mest wordt sterk bepaald door het gehalte aan ammoniakale stikstof in de mest. Uit een onzekerheidsanalyse uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en CBS in 2022⁷ volgt dat de stikstof- en fosforopname met voer de belangrijkste parameters zijn voor melkvee, varkens en pluimvee. Voor melkvee is de beschikbaarheid van maaskuil ook een belangrijke parameter. Voor dieren die voor het vlees gehouden worden is ook de lichaamssamenstelling van belang, daarom worden voor zowel vleeskuikens als vleesvarkens onderzoek (deels literatuur) gedaan naar de lichaamssamenstelling. Bij vleeskuikens is het type vleeskuiken aan het veranderen (verandering naar Beter Leven 1 Ster). Daarom wordt onderzoek gedaan om de lichaamssamenstelling van Beter Leven 1 Ster kuikens te bepalen.⁸

Een nauwkeurige berekening van de stikstof-, fosfor- en koolstof-uitscheiding van landbouwhuisdieren en effecten van rantsoenmaatregelen hierop is belangrijk voor een nauwkeurige kwantificering van de mestproducten en emissies van ammoniak en broeikasgassen. Het type voer is een belangrijke maatregel om mestproductie (in ammoniak en fosfor) en gasvormige emissies (ammoniak en broeikasgassen) te verminderen. In 2024 is een notitie opgeleverd over de uitgangspunten voor de berekening van mest- en mineralencijfers van diercategorieën die niet jaarlijks geüpdatet worden.⁹ Het nog lopende onderzoek betreft de lichaamssamenstelling van vleesvarkens en vleeskuikens, de verteerbaarheid van eiwit door jongvee en het opnieuw vaststellen van de grondstofsamenstelling van mengvoeders. In 2025 worden de definitieve rapporten opgeleverd met adviezen voor de verwerking in NEMA.

⁷ <https://research.wur.nl/en/publications/sensitivity-analysis-of-wum-for-calculating-mineral-excretion-eva>

⁸ <https://edepot.wur.nl/644754>.

⁹ <https://www.wur.nl/en/publication-details.htm?publicationId=d655727c-2386-473c-8d5a-c7eb30e401f4>

Inzicht in onzekerheden INITIATOR

Het model INITIATOR speelt een centrale rol in de ruimtelijke verdeling van mesttoediening en ammoniakemissie. Het is belangrijk om inzicht te hebben in de onzekerheden in emissies op verschillende ruimtelijke niveaus. De onzekerheid in de berekende emissie op laag ruimtelijk schaalniveau heeft invloed op de berekende stikstofdepositie met AERIUS (en dat wordt nu ingeschat). Met het project onzekerheidsanalyse INITIATOR wordt beter onderbouwd waar de grootste onzekerheden zijn in de berekening van emissies op laag ruimtelijke schaalniveau. Hierbij is zowel de onzekerheid in de emissies vanuit stallen en opslagen als die in de veldemissies ten gevolge van dierlijke mesttoediening, kunstmestgebruik en begrazing meegenomen. De resultaten kunnen gebruikt om de onzekerheden te verkleinen door gericht onderzoek en verbeterde data-verzameling. In 2024 heeft een review op de toegekende onzekerheden plaatsgevonden door experts en is op de resultaten van de onzekerheidsanalyse een analyse uitgevoerd en verwerkt in een rapportage. De resultaten laten zien dat de onzekerheid in de totale NH₃-emissies uit de landbouw afneemt van 32% op 500m×500m-schaal, naar 11% op regionale schaal, 10% op provinciale schaal en 9% op nationale schaal. Deze rapportage wordt in het eerste kwartaal van 2025 afgerond en gepubliceerd. Daarna worden ook de resultaten toegepast in de modellen (OPS en Landelijk Waterkwaliteitsmodel).

Onderzoek naar emissiefactoren voor nieuwe mestverwerkingsproducten

Mestverwerking en bewerking wordt gezien als een maatregel om emissies van ammoniak en broeikasgassen te verminderen. RENURE wordt gezien als een deel van de oplossing van het toenemend mestoverschot (als de derogatie wegvalt) en mestvergisting is onderdeel van klimaatmaatregelen. Verwacht wordt dat de komende jaren op grote schaal verschillende producten uit mestverwerking zullen worden gebruikt. De samenstelling van deze producten kan sterk afwijken van die van reguliere mest (zowel stikstof, fosfor, ammoniakale stikstof, pH, droge stof) en daardoor ook invloed hebben op de emissies van ammoniak en broeikasgassen, zowel in positieve als negatieve zin. Het is daarom belangrijk om emissiefactoren af te leiden voor deze producten voor NEMA. Ook zullen er nieuwe toedieningstechnieken worden toegepast met mogelijk een andere emissie. Het inzicht in de emissies uit verschillende mestproducten kan worden gebruikt om bemestingsstrategieën te ontwikkelen met een laag risico op bijvoorbeeld de ammoniakemissie.

De emissiefactoren van NEMA worden ook gebruikt in de Kringloopwijzer en kritische prestatie indicatoren, zogenoemde KPI's, voor doelsturing. Het is daarom belangrijk om emissiefactoren in NEMA te actualiseren en differentiëren naar producten. Het onderzoek voor verschillende van deze producten vindt nu plaats in het NKS. Naar verwachting worden in 2026 nieuwe resultaten opgeleverd voor de verwerking in NEMA.

Update emissiefactoren mesttoediening

In dit onderdeel van het NKS wordt ook een heranalyse (update) gedaan van de emissie bij mesttoediening. Er is een database gemaakt met proeven tussen 1989 en 2021, die is in 2024 afgerond voor grasland en bouwland. In 2024 zijn de eerste analyses gedaan voor de afleiding van nieuwe emissiefactoren. Vermoedelijk leidt dit tot een zeer kleine wijziging voor grasland, hiervoor heeft een paar jaar geleden al een update plaatsgevonden. Voor bouwland worden op basis van de uitgevoerde analyses de emissiefactoren vermoedelijk wat lager. De data zijn ingebracht in de internationale database ALFAM.

Differentiatie naar mestsoorten

Daarnaast is in 2024 internationaal onderzoek opgeleverd over de vergelijking van verschillende meetmethoden voor de ammoniakemissie bij mesttoediening¹⁰ en werden nieuwe proeven uitgevoerd voor differentiatie naar verschillende mestsoorten. De eerste resultaten voor emissiemetingen voor de volgende mestsoorten komen beschikbaar: rundermest, digestaat, vloeibare fractie, dikke fractie,

¹⁰ Comparison of two micrometeorological and three enclosure methods for measuring ammonia emission after slurry application in two field experiments. Kamp, J. N., Hafner, S. D., Huijsmans, J., van Boheemen, K., Götze, H., Pacholski, A. & Pedersen, J., 15 Jul 2024, In: Agricultural and Forest Meteorology. 354, 110077.

ammoniumsulfaat (stripper), effluent (stripper). De proeven worden voortgezet in 2025. Door dit onderzoek kunnen emissiefactoren in de toekomst preciezer worden bepaald op basis van de gebruikte mesttoedieningsmethode in combinatie met de gebruikte meststof.

Gebruik van toedieningsmethoden in de praktijk

Een nieuwe informatiebron waar gebruik van kan worden gemaakt is de NVWA-data 2022, hiermee zijn eerste analyses uitgevoerd in combinatie met data uit voorgaande jaren. Definitieve resultaten worden in 2026 opgeleverd.

Actualisatie emissiefactoren beweiding

De emissiefactor voor beweiding in NEMA is gebaseerd op één onderzoek uit begin jaren '90. Deze emissiefactor is laag (4,5% van de ammoniakale stikstofuitscheiding bij beweiding) en daardoor scoort beweiding goed als maatregel om ammoniakemissie te reduceren. Deze emissiefactor is veel lager dan die in het buitenland wordt gehanteerd. Hierom worden de emissiefactoren in NEMA geactualiseerd.

Eerste resultaten van onderzoek uitgevoerd in NKS laten hogere emissiefactoren zien bij beweiding dan de huidige 4,5%. Dit betekent dat de emissie uit beweiding waarschijnlijk hoger is dan nu berekend en dat de effectiviteit van beweiding om ammoniakemissie te reduceren lager is dan nu berekend. Metingen worden in 2025 voortgezet. Naar verwachting worden in 2026 de nieuwe emissiefactoren opgeleverd.

Meer differentiatie in emissiefactoren kunstmest

Er zijn veel kunstmestsoorten, met verschillende samenstelling, verschillende stikstofvormen en verhoudingen en daardoor verschillende emissiefactoren. Eerste resultaten van de experimenten uitgevoerd in het NKS laten grote verschillen zien in ammoniakemissie voor diverse meststoffen, grondsoorten en de interactie tussen deze twee. De ammoniakemissie uit ureummeststoffen is bijvoorbeeld aanzienlijk hoger dan die uit ammonium- of nitraathoudende meststoffen. Daarnaast emitteren ammoniummeststoffen relatief meer op kalkhoudende grondsoorten dan op kalkloze gronden. Het effect van grondsoort op ammoniakemissie wordt in de berekening van INITIATOR op een laag ruimtelijk schaalniveau niet meegenomen en dit effect zit dus ook niet in de depositieberekeningen. Het afstemmen van type kunstmest op grondsoort kan worden ingezet als maatregel om ammoniakemissie te beperken. In 2025 en 2026 worden de experimenten vervolgd en wordt voor verschillende kunstmestsoorten onder andere gekeken naar de effecten van temperatuur, het inzaaien van verschillende gewassen (grasland of bouwland), bevochtiging en neerslag. Eind 2026 worden adviezen verwacht voor aanpassingen van de emissiefactoren.

Overige stikstofverliezen uit mestopslag onderzocht

In stallen en mestopslagen treden naast ammoniak, ook andere stikstofverliezen op: lachgas (N_2O), stikstofoxide (NO_x) en luchtstikstof (N_2). Lachgas is een broeikasgas en NO_x een luchtverontreinigend gas (net als ammoniak) en beide worden gerapporteerd aan de EU en VN. In NEMA hebben de stikstofverliezen een effect op de hoeveelheid stikstof in mest en daarmee op de ammoniakemissie uit mest. Ook zijn de overige stikstofverliezen belangrijk om te berekenen hoeveel mest er wordt geproduceerd (forfait uit de mestwetgeving).

Het is een actueel onderwerp, met veel maatschappelijke aandacht. Als de gasvormige stikstofverliezen te laag worden ingeschat zou dat namelijk kunnen betekenen dat de berekende hoeveelheid stikstof in de mest hoger is dan in de praktijk het geval is.¹¹ In het NKS wordt onderzoek gedaan om meer inzicht te krijgen in de stikstofverliezen in andere vorm dan ammoniak uit mestopslag. In 2024 is een literatuurstudie uitgevoerd en is een laboratoriumopstelling ingericht. De eerste lachgasmetingen zijn inmiddels gedaan en

¹¹ Zie onder andere [Advies 'Correctiefactor voor de gasvormige stikstofverliezen bij melkvee' | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)

vergeleken met de literatuurstudie en aannames in NEMA. De eerste resultaten zijn dat deze redelijk overeenkomen met bestaande inzichten.

Kennis vergroot over NOx-emissies uit landbouwgronden

Emissies uit landbouwbodems, bijvoorbeeld bij toediening van (kunst)mest, zijn ook een belangrijke bron van stikstofoxiden. In het stikstofdossier ligt de aandacht op NOx uit verkeer en industrie en ammoniak uit de landbouw. Volgens de Emissieregistratie is het aandeel van de landbouw aan de totale NOx-emissie 12%, dat is lager dan andere sectoren maar ook niet verwaarloosbaar. Dit getal is gebaseerd op internationale standaardwaarden. In het NKS werden in 2024 metingen verricht van NOx-emissies uit landbouwgronden en naar effecten van maatregelen. Eerste resultaten van de laboratoriumproeven laten zien dat NOx onder andere omstandigheden wordt gevormd dan lachgas (N₂O). NOx wordt gevormd onder drogere omstandigheden en bij ammoniummeststoffen, terwijl N₂O wordt gevormd onder natte omstandigheden en met nitraatmeststoffen. In NEMA wordt verondersteld dat de processen en emissiefactoren hetzelfde zijn voor N₂O en NOx. Het vervolg van het onderzoek moet resulteren in land-specifieke emissiefactoren voor NOx-emissies uit landbouwgronden, waardoor de schatting van NOx-emissies uit de landbouw kan worden verbeterd.

Meer inzicht in depositieproces

De bepaling van de depositie is een onzekere factor in de stikstofmonitoring, hierom zijn meer inzichten in het depositieproces op basis van metingen gewenst. De inzichten kunnen dan gebruikt worden om de rekenmodellen te verbeteren. Het meten van stikstofdepositie is echter zeer complex en niet praktisch uitvoerbaar op een groot aantal locaties. Daarom zet het RIVM in op gerichte meetcampagnes, waarbij gebruik wordt gemaakt van geavanceerde meetapparatuur.

State-of-the-art meetapparatuur is in 2024 (door)ontwikkeld om met hoge tijdsresolutie droge depositie te meten. Het RIVM richt zich enerzijds op de inzet van de in huis ontwikkelde miniDOAS-apparatuur om depositie te meten. Daarbij wordt de depositie afgeleid uit gelijktijdig op verschillende hoogten gemeten concentraties van ammoniak, in combinatie met verschillende meteorologische variabelen. Anderzijds wordt HT8700E (Healthy Photon) apparatuur in gebruik genomen nadat deze succesvol is getest door TNO. Deze meetmethodiek is een directere, maar complexere manier om depositie af te leiden (uit een meting van de concentratie met zeer hoge tijdsresolutie). Ook TNO beschikt over deze apparatuur en samen wordt ervaring opgedaan. Door deze twee verschillende technieken in te zetten en te vergelijken, kan de kwaliteit onderzocht en geborgd worden.

In 2024 zijn deze methodieken in verschillende meetcampagnes toegepast:

- Veenkampen: lopende studie boven natuurlijk grasland in N2000-gebied. RIVM werkt in deze studie samen met TNO.
- Loobos: lopende studie boven naaldbos in N2000-gebied. RIVM werkt in deze studie samen met TNO. Resultaten van een studie op basis van eerdere metingen met andere apparatuur in het nabijgelegen Speulderbos zijn in 2024 gepubliceerd¹². Eerder in 2024¹³ verscheen ook een wetenschappelijke publicatie over technieken om de kwaliteit van de metingen boven bos te verbeteren.
- Solleveld: studie in duingrasland is voorbereid voor de start in 2025. De studie volgt op een publicatie uit 2023¹⁴ waarin eerdere metingen met andere apparatuur zijn gebruikt voor een vergelijking met modelberekeningen.

De locaties zijn en worden zo gekozen om in de belangrijkste habitattypen van Nederland inzichten te krijgen die representatief zijn voor natuurgebieden in Nederland.

¹² <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120976>

¹³ <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.110107>

¹⁴ <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119596>

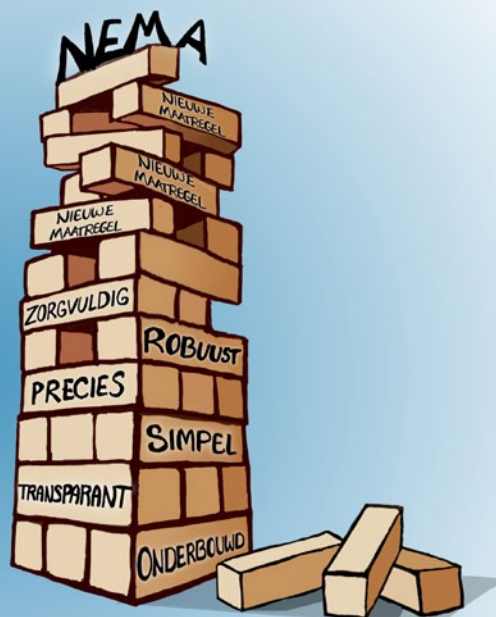
Wetenschap in de praktijk: De uitdaging van betrouwbare berekeningen van landbouwemissies

Column door Gerard Velthof, Wageningen University & Research

De Nederlandse landbouw staat voor een grote opgave: het verminderen van de emissies van stikstof en broeikasgassen. De overheid wil dit bereiken door het uitkopen van boeren en door innovaties zoals nieuwe stallen, mestverwerking en precisiebemesting. Daarnaast wordt ingezet op bedrijfsspecifieke doelsturing, waarbij landbouwbedrijven zelf bepalen hoe ze een opgelegde emissiedoelstelling behalen.

Het berekenen van de emissie is hierbij heel belangrijk, want niet alle emissies kunnen worden gemeten. In Nederland gebruiken we hiervoor het National Emission Model Agriculture (NEMA). Dit model berekent de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen zoals ammoniak en stikstofoxiden, en broeikasgassen zoals lachgas en methaan. NEMA gebruikt hiervoor emissiefactoren, oftewel de hoeveelheid gas dat per dier of per eenheid mest wordt uitgestoten. Daarnaast worden gegevens gebruikt over het aantal dieren, het rantsoen, het type stal en de manier van mesttoediening. De NEMA-methodiek wordt ook op regionaal niveau gebruikt in het model INITIATOR en op bedrijfsniveau in de Kringloopwijzer. Dit zorgt voor een consistente rekenmethodiek op verschillende schaalniveaus.

Bedrijven en beleidsmakers willen duidelijkheid over welke maatregelen en innovaties in NEMA worden opgenomen. Dit helpt hen om weloverwogen investeringen te doen en de effecten daarvan terug te zien in de berekeningen. Voor opname in NEMA moeten zowel de emissiefactor als gegevens over de implementatie bekend zijn. Sommige maatregelen beïnvloeden meerdere emissies. Aanpassing van rantsoensamenstelling van koeien heeft bijvoorbeeld een effect op emissies van zowel ammoniak, methaan als lachgas. Daarnaast zijn de gestapelde effecten van een combinatie van maatregelen vaak kleiner dan de simpele som van de afzonderlijke effecten tezamen. De onzekerheid in rekenresultaten neemt toe met het aantal maatregelen. Het opnemen van maatregelen in NEMA moet daarom zorgvuldig worden afgewogen; dit is een lastige puzzel.



Bron: Lotte Stokkermans, WUR

Modelberekeningen hebben altijd een zekere mate van onzekerheid, en des te meer bij stikstofemissies vanwege de complexe biologische processen. Omgaan met onzekerheden is lastig en daarom is het belangrijk om deze onzekerheden zo klein mogelijk te houden. Sommige onzekerheden zullen echter onvermijdelijk groot blijven. Hoe zorgen we voor een transparante en robuuste rekenmethodiek met zo beperkt mogelijke onzekerheden, maar waarmee wel perspectievolle maatregelen doorgerekend kunnen worden? Het onderbouwen van maatregelen met emissiefactoren en data over implementatie vraagt tijd en budget en dit zijn ook aspecten die mee moeten worden gewogen bij het opnemen van nieuwe maatregelen in NEMA.

In 2025 zal de Taakgroep Landbouwemissies van Emissieregistratie een afwegingskader opstellen voor de opname van nieuwe maatregelen in NEMA, in samenwerking met overheden en het bedrijfsleven. Daarnaast wordt gewerkt aan de integratie van de modellen NEMA en INITIATOR in een nieuw rekeninstrument voor Emissieregistratie, ReNEMA.

Deze ontwikkelingen zullen helpen om de emissies op verschillende schaalniveaus transparant en betrouwbaar te berekenen, zodat de effecten van innovaties in de landbouwsector zichtbaar zijn in de monitoring.

3 Onderzoek naar vernieuwing landelijk meetnet en rekenmodellen

De afgelopen jaren was er veel maatschappelijke en politieke discussie over de wijze van het meten en berekenen van stikstof. Voor de onderbouwing van het beleid is het daarom belangrijk te kijken naar kwaliteitsverbetering en eventuele vernieuwing mogelijk is. Het adviescollege Meten en berekenen Stikstof heeft in 2019 geadviseerd om te onderzoeken of vernieuwing mogelijk is door gebruik te maken van meerdere modellen (een zogenaamd 'modelensemble') en grondmetingen uit te breiden met satellietwaarnemingen.

Binnen deze programmalijn voert een consortium van partijen, het RIVM, TNO, WUR, KNMI en CML, in het SAGEN project onderzoek uit naar de mogelijkheden van het gebruik van satellietwaarnemingen en het toepassen van ensemblemodellering en hoe deze kunnen bijdragen aan de verbeteringen aan het systeem van meten en berekenen. Daarnaast worden in het SAGEN-project verschillende rekenmodellen voor reactief stikstof onderling vergeleken en de onzekerheid in de berekende depositie onderzocht. Onderstaande beschrijving geeft de voorlopige resultaten van deze samenwerking weer. Een deel van de gedeelde inzichten is nog niet gepubliceerd.

Voortgang 2024

Meer inzicht in onzekerheden stikstofmodellen

Onder programmalijn 1 heeft onderzoek¹⁵ plaatsgevonden over de onzekerheden in de berekende stikstofdepositie op zowel lokale als nationale schaal. Om onzekerheden systematisch te onderzoeken, is in het SAGEN-project een Uncertainty Analysis Tool (UAT) als wetenschappelijke instrument ontwikkeld om de oorzaak van deze onzekerheden beter te kwantificeren en met metingen te verkleinen. Deze UAT is aan het OPS-model gekoppeld. Hiermee worden metingen gebruikt om de onzekerheden in modelparameters te verkleinen door middel van inverse modelering. Een uitgebreidere rapportage van dit onderzoek wordt later dit jaar opgeleverd.

Modelvergelijkingen voor robuustere berekeningen

Er zijn modelvergelijkingen (benchmarks) uitgevoerd van modellen op nationale schaal en op lokale schaal. Verwacht wordt dat het gemiddelde of de mediaan van de modelensemble beter met de metingen overeenkomt dan de individuele modellen op zichzelf. Op basis van de resultaten kan een onderbouwd advies gegeven worden over de meerwaarde van een ensemble aanpak. Aan de interpretatie van de modelvergelijking en het gebruik van het ensemble wordt nog gewerkt waarbij een eindrapportage in het tweede kwartaal van 2025 verwacht wordt.

Vergelijking nationale modellen

Van de 20 modellen die in Europa en de VS worden gebruikt voor luchtkwaliteit en depositie zijn voor de regionale benchmark in eerste instantie drie modellen geselecteerd die in Nederland gebruikt worden: OPS, LOTOS-EUROS en EMEP4NL. Deze modellen worden nog aangevuld met twee of drie buitenlandse modellen. De benchmark wordt uitgevoerd met geharmoniseerde emissiegegevens voor Nederland en

¹⁵ <https://www.rivm.nl/publicaties/uncertainty-in-determined-nitrogen-deposition-in-netherlands-status-report-2023>

Europa. De ruimtelijke verdelingen van de totale depositie vertonen bij alle modellen maxima nabij de gebieden met de hoogste emissies (zoals de Peel, de Gelderse Vallei) en op bosgebieden (zoals de Veluwe). Voor grote delen van het land is de spreiding tussen de modellen voor de stikstofdepositie in de orde van 10-20%. De spreiding in ammoniakdepositie lijkt relatief groot te zijn in gebieden met veel akkerbouw (zoals Zeeland, Brabant, Limburg en Flevoland) en in steden. De aannames over hoe de emissie en depositie van akkerbouw behandeld worden in een model hebben een duidelijke invloed op de gemodelleerde gradiënten van de stikstofdepositie over het land.

Wanneer naar de ammoniakconcentraties op de meetlocaties in natuurgebieden wordt gekeken, blijkt dat voor alle modellen de berekende concentraties langs de kust lager zijn en de berekende concentraties in het binnenland hoger zijn dan de metingen. De gemodelleerde en gemeten jaargemiddelde concentraties van stikstofdioxide komen over het algemeen goed overeen.

Vergelijking lokale modellen

In 2024 is ook een lokale benchmark uitgevoerd. Hierbij zijn acht modellen¹⁶ gebruikt die een aantal casussen (emissies uit een stal, een schoorsteen, een snelweg, uit aangewende mest) hebben doorgerekend om de gevoeligheid van de modellen te onderzoeken. Daarnaast zijn er drie validatie-experimenten doorgerekend: de ammoniakconcentraties rondom een kippenstal in Denemarken, de stikstofdioxideconcentraties langs een snelweg in België en de stikstofdioxideconcentraties rondom een industriële bron in de VS. Hierbij worden de berekeningen vergeleken met concentratiemetingen. De resultaten worden momenteel geanalyseerd. De eerste inzichten zijn dat de spreiding tussen de modellen relatief groot is, met name voor depositie. In veel modellen wordt een depositiemodel gebruikt dat veel eenvoudiger is dan het depositiemodel in OPS-LT. Om de spreiding beter te begrijpen, zijn met het OPS-LT-model gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om de afhankelijkheid van de berekende stikstofdepositie voor een aantal modelparameters te bepalen. Het advies van het consortium is om de gevoeligheidsanalyses ook met andere modellen te laten doen om te onderzoeken of die een vergelijkbare gevoeligheid van de verschillende modelparameters laten zien.

Satellietmetingen waardevolle aanvulling op meetnetten

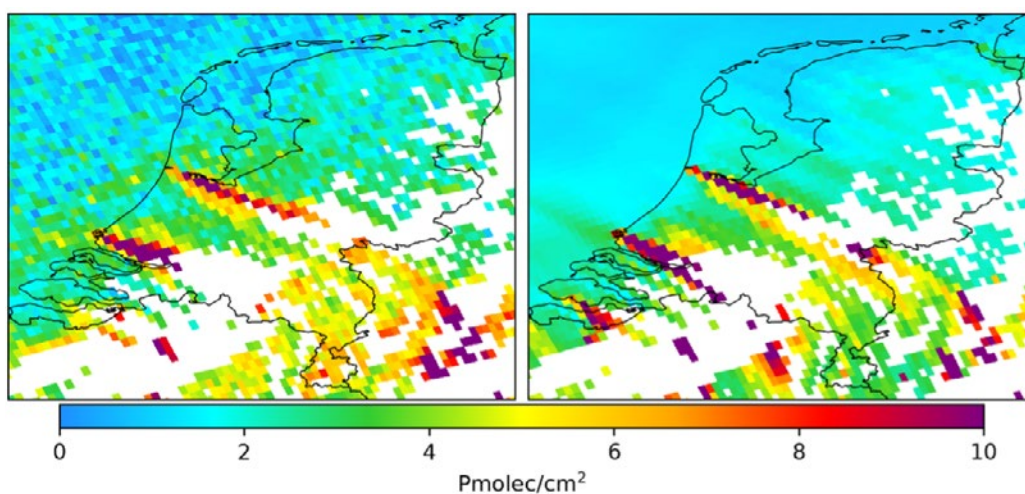
Stikstofdioxide- en ammoniakconcentraties in de lucht kunnen worden gemeten met satelliet-instrumenten. Toepassingen van satellietmetingen zijn (i) het evalueren en schatten van de emissies, (ii) het verbeteren van de ruimtelijke dekking van de metingen, (iii) het toetsen en verbeteren van modellen en (iv) het in kaart brengen van onzekerheden van modellen. De waarde van de satellietmetingen wordt in meer detail beschreven in de special bij dit hoofdstuk "Wetenschap in de praktijk: Stikstof gespot vanuit de ruimte" en in de bijlage Whitepaper "Het gebruik van satellietmetingen voor het monitoren van stikstof in Nederland".

Satellietwaarnemingen zijn een toevoeging op het huidige instrumentarium van metingen aan de grond. Ze meten de totale hoeveelheid (de kolom) stikstofdioxide en ammoniak. Grondmetingen blijven essentieel voor het monitoren van luchtkwaliteit op neushoogte en voor het kwantificeren van de depositie in natuurgebieden. Kolommetingen van satellieten zijn echter beter te relateren aan de emissiebron en geven daarmee onafhankelijke informatie die vergeleken kan worden met de door [Emissieregistratie](#) gerapporteerde emissies. Daarnaast brengen satellieten de grootschalige verspreiding van reactief stikstof in kaart wat aangeeft waar de belangrijkste bronnen zijn.

Ammoniak- en stikstofdioxidemetingen van satellietinstrumenten zijn vergeleken met lokale metingen en met modelberekeningen. Het onderzoek in het SAGEN-project wijst uit dat satellieten naast de bestaande netwerken duidelijk bewijs leveren dat regionale modellen en gebruikte emissies realistisch

¹⁶ OPS-LT, OPS-ST, SRM₂, ADMS, AERMOD, IFDM, OML, STACKS-D

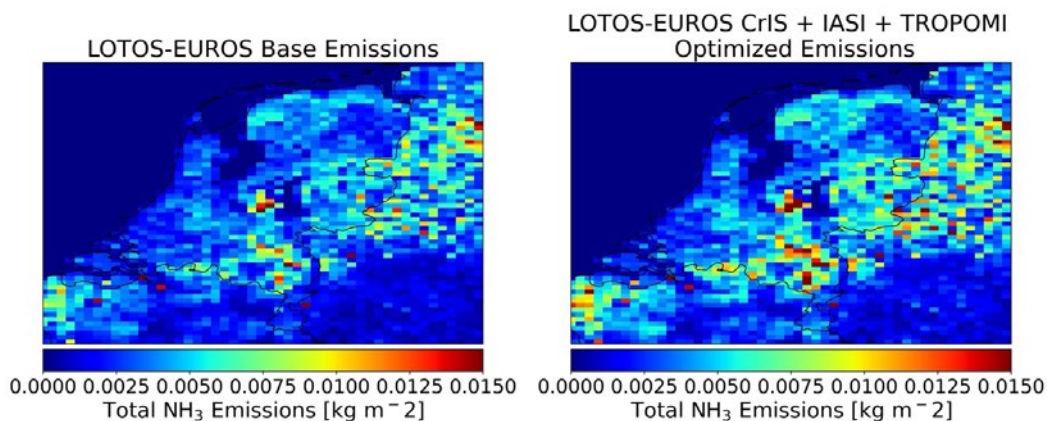
zijn. Met name voor stikstofdioxide komen satellietgegevens goed overeen, zelfs op de schaal van individuen pluimen (zie figuur 1). Satellieten leveren daarmee onafhankelijk informatie over de verdeling van emissies in ruimte en tijd en kunnen gebruikt worden om emissietrends te monitoren. Satellietgegevens van ammoniak worden gebruikt om de emissies in modellen te verbeteren waardoor de vergelijking van modelresultaten met gemeten grondconcentraties kan worden verbeterd. Wel is het noodzakelijk om te blijven werken aan een wetenschappelijk robuuste interpretatie van satellietgegevens.



Figuur 1. Vergelijking tussen de TROPOMI-satellietmetingen van de NO₂ hoeveelheid boven Nederland (links) en de hoeveelheid gemodelleerd met het EMEP4NL model (rechts) voor 3 mei 2018. De wind komt uit het noordwesten op deze dag. De gemodelleerde pluimen afkomstig van het Rotterdamse havengebied, Tata steel, Schiphol en Amsterdam komen goed overeen met de metingen. Dit laat zien dat het model een realistische beschrijving geeft van de ruimtelijke verdeling en de variabiliteit van stikstofdioxide van dag tot dag. Witte stukken zonder metingen komen overeen met de aanwezigheid van bewolking.

Satellietmetingen voor emissieschattingen

Verschiede methoden zijn toegepast om emissies te schatten uit satellietmetingen al dan niet in combinatie met modellen (zie figuur 2). Met deze methoden zijn emissies van stikstofdioxiden en ammoniak vergeleken met gerapporteerde emissies (van de Emissieregistratie) op een schaal variërend van 5-20 km tot geheel Nederland. Het verwerken van stikstofdioxide en ammoniak-satellietmetingen in het LOTOS-EUROS-model levert een onafhankelijke inschatting op van de ruimtelijke verdeling van de emissies. Een eerste analyse levert een zeer consistent beeld op tussen de Emissieregistratie en de uit satellietgegevens afgeleide emissiekaarten. Wel zijn er regionaal verschillen zichtbaar. Dit wordt in 2025 nader onderzocht.



Figuur 2. NH₃-emissies voor 2020 zoals gerapporteerd en gebruikt in het LOTOS-EUROS-model (links) en de emissies aangepast op basis van de satellietinstrumenten CrIS, IASI en TROPOMI (rechts). De emissies afgeleid uit de satellietmetingen zijn hoger dan de gerapporteerde emissies, vooral in het zuidoosten van het land en in de Gelderse Vallei.

Bredere kennisopbouw stikstofdepositie

Binnen het SAGEN-project wordt in vier PhD-projecten gewerkt aan het vergroten van de wetenschappelijk kennis rondom stikstofdepositie.

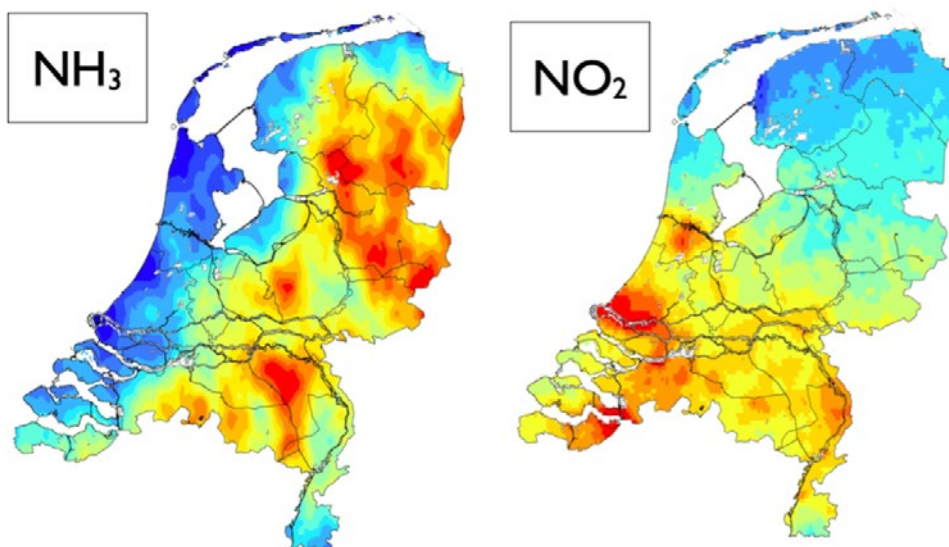
1. Er is nog veel onbekend over **droge depositie**. Drie internationale modellen voor de beschrijving van de droge depositie zijn vergeleken met een jaar metingen in het duingebied Solleveld. De vergelijking laat aanzienlijke verschillen zien tussen model en meting en dat er verbeteringen mogelijk zijn in de beschrijving van de opname en de afgifte van ammoniak aan het bladoppervlak. Er is een gecombineerde dataset van ammoniak depositiemetingen gemaakt met metingen boven verschillende ecosystemen en in verschillende landen. De drie depositiemodellen worden met deze dataset vergeleken met als doel een mogelijke verbetering van de modellering van de droge depositie te komen.
2. **Hoge resolutie modellen** die de turbulentie van de atmosfeer simuleren (Large Eddy Simulation-modellen) worden gebruikt om de verspreiding en depositie van ammoniak nabij een bron te bestuderen. Hiermee worden een aantal testcases van het lokale ensemble doorgerekend om te onderzoeken hoe effecten van turbulentie, landgebruik, en depositie van ammoniak beter kunnen worden beschreven in operationele modellen zoals OPS.
3. Bij de casestudie **Schiermonnikoog** is met het LOTOS-EUROS model aangetoond dat emissies boven het vasteland sterk bijdragen aan de lokale ammoniak concentratie. Om de emissies van Schiermonnikoog te bepalen is de resolutie van de huidige satellieten te grof. Ook zijn de MAN-metingen niet gepositioneerd om de emissieveranderingen op het eiland te detecteren. Door het toepassen van inverse modellering in samen met de MAN-metingen is een emissiereductie vastgesteld van ongeveer 25% tussen 2022 en 2019. Met lokale metingen elk uur, zoals in het landelijke meetnetwerk luchtkwaliteit (LML), kan de nauwkeurigheid van de emissieschattingen sterk worden verbeterd.
4. **Stikstofdioxide-satellietmetingen** van het TROPOMI-instrument zijn geschikt voor het bepalen van NO_x-emissies van Nederland. Door de gemeten gradiënten in TROPOMI stikstofdioxide-kolommen te combineren met windinformatie kan de emissie met een nauwkeurigheid van ongeveer 10% bepaald worden onder ideale omstandigheden. Onderzoek wijst uit dat fouten toenemen als stikstofdioxide zich op grotere hoogte verspreidt of als de omzetting van NO naar NO₂ en NO₂ naar HNO₃ niet goed beschreven wordt. Ontwikkeling van fundamentele kennis over de interpretatie van satellietmetingen blijft daarom van cruciaal belang.

Wetenschap in de praktijk: Stikstof gespot vanuit de ruimte

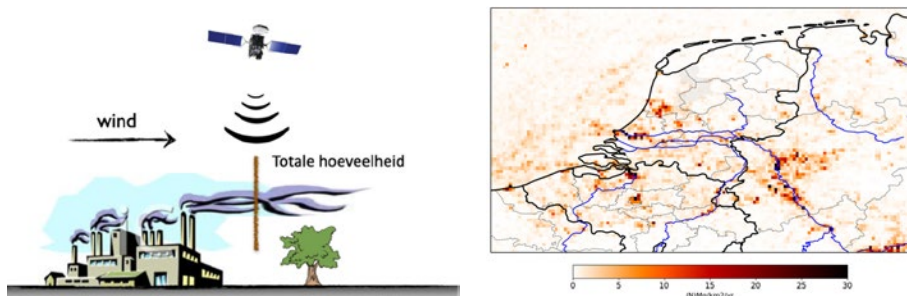
Column door Henk Eskes, KNMI

Het NKS-onderzoek heeft laten zien dat satellietmetingen gebruikt kunnen worden voor het evalueren van de stikstofmodellen en het bestuderen van de verspreiding van stikstof over grotere afstanden en over de landsgrenzen. Maar met name de verdeling van de uitstoot, bepaald met behulp van de satellietmetingen, levert een schat aan informatie om de officieel gerapporteerde emissies te toetsen.

Ammoniak (NH_3) en stikstofdioxide (NO_2) worden niet alleen gemeten aan de grond, maar ook met satellietinstrumenten vanaf grote hoogte boven de aarde. In Nederland is de kennis van stikstof momenteel gebaseerd op meetnetwerken die de concentraties meten aan de grond, schattingen van de uitstoot op basis van geregistreerde emissiegetallen, in combinatie met modellen om de hoeveelheid depositie te berekenen op kwetsbare natuurgebieden. Er wordt hierbij nog geen operationeel gebruik gemaakt van satellietmetingen die informatie geven over atmosferische kolommen ammoniak en stikstofdioxide.



Het figuur hierboven laat de metingen zien van ammoniak met het Amerikaanse CrIS satellietinstrument (links), en stikstofdioxide met het in Nederland ontwikkelde TROPOMI-satellietinstrument (rechts), beide gemiddeld over een jaar. Ammoniak vinden we voornamelijk in het oosten en zuiden van het land. De grootste bron hier is de veehouderij en de toepassing van mest. Stikstofdioxide concentraties zijn vooral hoog in het westen van het land. De grootste bronnen zijn het wegverkeer, de industrie, de haven van Rotterdam, scheepvaart en luchtvaart (Schiphol). De satellieten geven een totaalbeeld van de verdeling van de concentraties over het hele land. De dagelijks beschikbare satellietbeelden zijn in het NKS vergeleken met de in Nederland gebruikte modellen (LOTOS-EUROS en EMEP4NL) en de ruimtelijke verdeling en de variatie in de tijd – voornamelijk door veranderingen in het weer – vertonen een goede mate van overeenkomst, wat vertrouwen geeft in de aannames en informatie gebruikt in deze modellen.



Satellieten meten de totale hoeveelheid stikstof vanaf de grond tot hoog in de atmosfeer, en nemen pluimen van luchtvervuiling waar die afkomstig zijn van grote bronnen (zoals te zien is in de linker figuur). Met behulp van de windsnelheid kunnen we bepalen hoeveel stikstof er per uur afgevoerd wordt, oftewel we hebben hiermee een schatting van de emissie van bijvoorbeeld een stad of een industrieel gebied. Op basis van dit principe kunnen we kaarten maken van de verdeling van de emissies in Nederland en omliggende landen, en krijgen we informatie hoe de emissies veranderen in de tijd. Met de huidige satellieten kan dit voor de grote bronnen zoals Tata Steel, en voor gebiedsgemiddeldes van ongeveer 10 km bij 10 km. De rechter figuur toont een schatting van de emissies van stikstofoxiden in 2019 bepaald uit de stikstofdioxide-satellietmetingen van TROPOMI. Dergelijke kaarten worden momenteel vergeleken met de emissierapportages. Satellietmetingen kunnen zo ook bijdragen aan het verkleinen van onzekerheden in de geschatte depositie van stikstof.

De ontwikkeling van satellietinstrumenten gaat snel, en in de nabije toekomst zullen stikstofverbindingen nog meer detail waargenomen worden vanuit de ruimte. De innovatie gaat hierbij in twee richtingen: het gebruik van geostationaire satellieten voor uurlijkse metingen, en het vergroten van het ruimtelijk oplossend vermogen. De NITROSAT-satellietstudie gedaan voor ESA (European Space Agency) laat zien het technisch mogelijk is instrumenten te bouwen die ammoniakpluimen van individuele boerderijen waar kunnen nemen.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van het gebruik van satellietmetingen verwijzen we naar het whitepaper "Het gebruik van satellietmetingen voor het monitoren van stikstof in Nederland", whitepaper, Nationaal Kennisprogramma Stikstof, een publicatie van KNMI, TNO, CML, WUR en RIVM, November 2024.

4 Regionale omgevingsmetingen stikstof

Vrijwel alle provincies staan voor een forse opgave om stikstofemissies en -depositie te reduceren, al heeft de ene provincie een grotere opgave dan de andere. In veel provincies bestaat de wens om meer te meten omdat het een fijnmaziger beeld van de concentraties ammoniak kan geven en meer inzicht kan geven in de effectiviteit van maatregelen. Tegelijkertijd is goede lokale monitoring essentieel voor de realisatie van de gewenste transitie naar doelsturing. Het huidige systeem van meten en berekenen van stikstof is echter vooral ontwikkeld voor monitoring op de nationale schaal en in natuurgebieden. Hierom is het wenselijk om het systeem van meten en berekenen zo te ontwikkelen dat ook de lokale situaties gedetailleerder en nauwkeuriger in kaart gebracht kunnen worden. Regionale omgevingsmetingen (metingen in de buitenlucht) hebben in deze ontwikkeling op verschillende vlakken potentie:

- Ze geven nauwkeurigere bepalingen van de lokale concentraties in de lucht en berekende deposities in nabije natuurgebieden, bijvoorbeeld als monitoringsinstrument om stikstofreductie in aandachtsgebieden te volgen. Dit levert inzichten om gericht maatregelen te treffen op de plaatsen waar dat het meest effectief is.
- Daarbij kunnen ze ondersteunend zijn aan gebiedsprocessen om relevante partijen aan tafel te krijgen en bieden ze inzicht in hoe maatregelen in een specifiek gebied uitpakken, ten behoeve van handelingsperspectief voor ondernemers en beleidsmakers. Het bevordert de praktische toepassing van kennis in de regio's, zodat regionale stakeholders beter geïnformeerd en met meer draagvlak beslissingen kunnen nemen.
- Daarnaast zouden de resultaten ook het landelijk stikstofbeeld kunnen verrijken en daarmee bijdragen aan de betrouwbaarheid van de landelijke monitoringscijfers. Hiervoor is het wel van belang dat de betrouwbaarheid en vergelijkbaarheid van metingen geborgd is door harmonisatie van meettechnieken.

Vanwege de diverse vlakken waarop regionale omgevingsmetingen meerwaarde kunnen bieden, zet het NKS sinds eind 2023 in op kennisdeling en -ontwikkeling rondom dit thema. Het is hiermee een programmaliijn die nog in de opstartfase zit. In regionale initiatieven zoals Maatwerk met Meetwerk in Liefstingsbroek¹⁷ en Regiodeal FoodValley¹⁸ is wel al ervaring opgedaan met regionale omgevingsmetingen.

Voortgang 2024

Actieve samenwerking en kennisdeling tussen provincies, wetenschap en LVVN

In november 2023 is het startschot gegeven voor een intensievere samenwerking tussen provincies, de kennispartners en LVVN met de oprichting van het Kennisnetwerk Regionale Omgevingsmetingen Stikstof (KROS). Via verschillende brede bijeenkomsten is in 2024 het net opgehaald: wat laten bestaande initiatieven ons zien over de waarde van regionale omgevingsmetingen en wat zijn interessante doorontwikkel-mogelijkheden? Met deze bijeenkomsten werd bestaande kennis gedeeld en konden provincies en andere partijen die nog niet met zulke initiatieven bekend waren inspiratie opdoen. Door deze intensieve samenwerking werd ook de synergie tussen bestaande en toekomstige initiatieven bevorderd.

In de special "Wetenschap in de praktijk: Maatwerk met Meetwerk - een uniek meetnetwerk voor stikstof in Nederland", op pagina 26 en 27, kunt u meer lezen over een succesvol bestaand meetinitiatief dat door de provincies Groningen, Friesland en Drenthe en LVVN via het Kennisnetwerk Regionale Omgevingsmetingen Stikstof zal worden voortgezet.

¹⁷ [Maatwerk met Meetwerk](#)

¹⁸ <https://metenluchtqualiteitfoodvalley.nl/>

Gezamenlijke kennisbehoefte overheden in beeld

In 2024 is via het Kennisnetwerk Regionale Omgevingsmetingen Stikstof en door middel van gerichte gesprekken tussen individuele provincies en LVVN de kennisbehoefte van de overheden voor de komende vijf jaar in beeld gebracht. Hierin is scherp gemaakt waar de gemene delers zitten en krachtenbundeling zou lonen. Met een gezamenlijk onderzoeksprogramma beogen provincies en LVVN in de periode 2025-2030 het potentieel van regionale omgevingsmetingen voor de regionale en landelijk opgaven optimaal te benutten. Door de krachten te bundelen kunnen de beperkte middelen zo ingezet worden dat overheden en ondernemers in de regio gezamenlijk van de ontwikkelde kennis kunnen profiteren.

In de inventarisatie van de gezamenlijke kennisbehoefte zijn de volgende vier sporen door de overheden als prioritair aangemerkt:

1. **Monitoring ammoniakemissiereductie:** Gericht op de ontwikkeling van meetstrategieën en nieuwe meetmethodes met geavanceerde sensoren, modellen en mobiele meetmethoden.
2. **Integrale milieumonitoring:** Samenhangende monitoring van stikstof, broeikasgassen, en andere milieufactoren in verschillende compartimenten (lucht, water, bodem).
3. **Effectiviteit van maatregelen op concentratie en depositie:** Praktijkonderzoek naar hoe emissiereducties resulteren in lagere depositie op natuurgebieden.
4. **Effect van habitatkenmerken op depositie:** Verkenning van de relatie tussen vegetatietypen en stikstofdepositie, met focus op modellering en meetcampagnes.

Wetenschappelijk advies over aanpak regionaal meten

De overheden in het Kennisnetwerk Regionale Omgevingsmetingen Stikstof (KROS) hebben een commissie van experts van RIVM, TNO, WUR, Universiteit Utrecht en OnePlanet verzocht te adviseren over de vertaalslag van kennisbehoefte naar naar een gezamenlijk onderzoeksprogramma voor 2025-2030. Het doel is een gezamenlijke kennisbasis op te bouwen en bestaande regionale meetinitiatieven te versterken. Het adviesrapport dat aan de overheden is aangeboden is toegevoegd bij deze voortgangsrapportage in de bijlage "Advies regionaal meten en rekenen aan stikstofverbindingen (emissie, concentratie, en depositie) in de buitenlucht".

Uitbreiding van regionale initiatieven is van belang voor de doorontwikkeling en innovatie van metingen en modellen. Hierdoor kan de regionale monitoring en het bepalen van de effectiviteit van maatregelen verbeterd worden. Het advies omvat per spoor (1-4) een probleemstelling, aanbevelingen en een strategische aanpak. De strategische aanpak bevat een theoretisch en praktische fase. In de theoretische fase wordt in meer detail onderzocht welke kennis al beschikbaar is, wat de beste onderzoeksstrategie in de praktijkfase is en hoe dit in bestaande regionale initiatieven kan landen (waarbij ook stakeholders uit het gebied betrokken zijn). In de praktijkfase wordt vervolgens aanvullend onderzoek geïntegreerd in die regionale initiatieven, mogelijk aangevuld met meetcampagnes op andere plekken.

Regionale meetinitiatieven kenmerken zich door een lerend karakter, enerzijds qua proces en samenwerking met stakeholders in een gebied, anderzijds door het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek waarbij metingen en modellen nog in ontwikkeling zijn. Dit gaat samen met een hoog ambitieniveau en hoge verwachtingen. Volgens de adviescommissie faciliteert een gezamenlijk, overkoepelend onderzoeksprogramma bij het verlagen van deze spanning en bij het bevorderen van synergie tussen initiatieven, zodat de kennisopbrengst verhoogd kan worden. De commissie benadrukt daarnaast het belang van kwaliteitsborging en regelmatige kennisdeling. Afhankelijk van de investeringsniveaus waar overheden voor kiezen (laag, middel, hoog) varieert de impact van theoretische inzichten tot praktische innovaties die beleidsontwikkeling ondersteunen.

De betrokken overheden in het Kennisnetwerk Regionale Omgevingsmetingen Stikstof zijn blij met dit wetenschappelijk onderbouwde advies voor de invulling van een gedegen en toekomstbestendig onderzoeksprogramma voor de periode 2025-2030. In 2025 volgt besluitvorming in de verschillende overheidslagen over de opvolging van de adviezen en de opdrachtverlening voor toekomstig onderzoek.

Wetenschap in de praktijk: Maatwerk met Meetwerk - een uniek meetnetwerk voor stikstof in Nederland

De waarde van regionale omgevingsmetingen geïllustreerd aan de hand van de Pilot Maatwerk met Meetwerk Liefstingsbroek



Stel je voor: een meetnetwerk dat stikstofverbindingen zoals ammoniak en stikstofdioxide in kaart brengt, uniek in Nederland. Uniek vanwege de dichtheid van meetpunten, het gebruik van zowel bewezen als experimentele technologieën, en de frequentie waarmee gemeten wordt (elke paar minuten). Het meet zoveel mogelijk de volledige stikstofketen: van emissie (uitstoot) van een aantal bronnen, de concentratie in de lucht tot een deel van de depositie (neerslag) in en rond een natuurgebied. Dit alles gebeurt rondom Liefstingsbroek; een klein Natuur2000-gebied in de provincie Groningen dat omringd is door verschillende boerderijen.

Wat levert twee jaar intensief meten en het maandelijks delen van de resultaten met alle betrokkenen op?

Nieuwe Inzichten en Samenwerking

Wetenschappers (RIVM, WUR, UvA, OnePlanet en TNO) en belanghebbenden (bewoners, ondernemers, natuurbeheerders, waterschap, gemeenten en provincie) hebben samen veel geleerd over de mogelijkheden en beperkingen van metingen. Verder hebben ze gezien hoe het weer (wind, regen en temperatuur) en landbouwpraktijk zowel in de stal (zoals voer en stalvloeren), als op het land (zoals bemesten) invloed hebben op de stikstofketen. Tijdens de meetpilot hebben bedrijven in en rond het gebied hun activiteiten geregistreerd. Vaak konden opvallende waarnemingen worden verklaard door te kijken naar de geregistreerde activiteiten, zodat een verhoogde concentratie bijvoorbeeld kon worden gekoppeld aan het uitrijden van mest. Soms bleven er “mysterieën” over, door alle partijen werd dan fanatiek gezocht naar een verklaring en zo konden ook deze in de meeste gevallen gezamenlijk worden opgelost.

Experimenteren en Innovatie

Dankzij de goede samenwerking tussen wetenschappers en de mensen uit het gebied was er ruimte voor experimenten. Zo wilden enkele wetenschappers testen of hun technologie geschikt is om het effect van reductiemaatregelen te meten. Een boer was direct bereid om mee te werken, en een weiland werd uitgerust met twintig sensoren om tijdens het uitrijden van mest de verschillen in concentraties te meten bij wel of niet sproeien met water.

Actieve Betrokkenheid en Bewustwording

De mensen in het gebied waren geïnteresseerd in het meetnetwerk en de meetresultaten. Met de verkregen inzichten zijn zij actief mee gaan denken over wat zij zouden kunnen doen om de hoeveelheid stikstof in de lucht te verminderen. En dat is precies wat vooraf werd gehoopt.

Resultaat en Vervolg

Deze pilot rondom Liefstingsbroek heeft laten zien dat regionale omgevingsmeetnetten inzichten kunnen bieden voor de betrokkenen in het gebied en heeft ook de beperkingen van een dergelijk meetnetwerk inzichtelijk gemaakt. Zowel voor de boer die informatie in handen krijgt om stikstofreducerende maatregelen te treffen, als voor natuurbeheerders en overheden, die een beter inzicht kregen in de situatie en meer begrip voor de complexiteit.

Nieuwsgierig geworden? Meer informatie is hier te vinden: <https://www.hetliefstingsbroek.nl/maatwerk-met-meetwerk>

5 Bedrijfsspecifiek meten van stallen

De veehouderij staat voor de opgave om emissies te reduceren en integraal te verduurzamen. De ontwikkeling en toepassing van innovatieve technologieën en managementmaatregelen om emissies te verminderen zijn daarbij essentieel. Het effect van technologieën en maatregelen hangt daarbij nauw samen met het vakmanschap van de veehouder. Om innovaties te doen slagen en de effectiviteit te borgen, zetten overheid en sectorpartijen in op het continu meten van stalemissies. Veehouders krijgen met het continu meten inzicht in wat er wordt uitgestoten op hun bedrijf. Op deze manier kan de veehouder gericht aan de slag om zijn of haar emissies aan te pakken.

Wanneer emissiereducerende maatregelen en technieken worden toegepast is het belangrijk om zekerheid te bieden over de werking. In het huidige stelsel van wet- en regelgeving worden vergunningen afgegeven met vaste emissiefactoren op basis van middelen, oftewel op basis van stalsystemen en technieken. Deze staan omschreven in bijlage V van de Omgevingsregeling, (voorheen Regeling ammoniak en veehouderij - Rav). Door de uitstoot continu te meten hoeft de veehouder geen gebruik meer te maken van deze wettelijk erkende technieken, maar kan de veehouder ook technieken gebruiken waarvan de emissies op een andere manier wetenschappelijk onderbouwd zijn. Daarnaast is de veehouder vrijer in hoe het gestelde emissieplafond gehaald wordt. Dit kan bijvoorbeeld ook door voer- en managementmaatregelen.

De landelijke aanpak is voor programmalijn 5 is beschreven in de Kamerbrief 'Toekomst bevorderen innovatie van emissiearme stalsystemen van 25 november 2022'. De taakgroep sensoren- en datasystemen die alle partijen op dat vraagstuk samenbrengt, valt ook onder het Regieorgaan 'Versnellen innovatie emissiereductie duurzame veehouderij'. In dit hoofdstuk zullen we ingaan op de behaalde resultaten van 2024. Er wordt gewerkt aan drie aspecten om bedrijfsspecifiek meten mogelijk te gaan maken:

1. de ontwikkeling van stalmeetmethoden;
2. datagebruik en – uitwisseling;
3. en de juridische aspecten van bedrijfsspecifiek meten.

Voor elk van deze trajecten is een coördinator aangesteld, die als taak heeft om op basis van lopende trajecten en ervaringen uit de praktijk tot landelijke richtlijnen, handreikingen en protocollen te komen.

Voortgang 2024

Landelijke symposia bedrijfsspecifiek meten

Onderling afstemmen tussen de verschillende partijen die met dit onderwerp bezig is belangrijk. Vandaar dat in deze programmalijn twee landelijke symposia zijn georganiseerd (in januari en in november 2024) met als doel om iedereen die bezig is of geïnteresseerd is in het bedrijfsspecifiek meten bij te praten en signalen uit de praktijk op te pakken.

De ontwikkeling van stalmeetmethoden

Ontwikkeling meetmethodiek per staltype

Voor het monitoren van bedrijfsspecifieke emissiedoelen is het belangrijk om zoveel mogelijk verschillende emissies te kunnen meten. Naast ammoniak gaat het ook om broeikasgassen, fijnstof en geur. Voor de bepaling van de ammoniakemissie zijn de ontwikkelingen het verst gevorderd. Voor het continu meten van ammoniakemissie uit gesloten stallen en open melkveestallen met een enkele nok, waarbij de koeien jaarrond op stal staan, is inmiddels een methodiek ontwikkeld. Deze meetmethodiek wordt al in diverse

pilots toegepast. De regio FoodValley heeft bijvoorbeeld een bedrijvenmeetnet, waarin van varkens-, pluimvee en vleeskalverbedrijven de ammoniakemissie continu met sensoren wordt gemeten.

Het continu meten van melkveestallen bij weidegang is nog lastig. Op dit moment lopen er diverse onderzoeksprojecten om de stalemissies ook als de koeien buiten zijn te kunnen bepalen.

Opening sensor onderzoekslocaties

Bij het continu meten van bedrijfsemisies is de kwaliteit van de sensoren essentieel. Daarnaast zijn de condities binnen de stal tussen de sectoren heel verschillend. Daarvoor zijn voor de melkveehouderij, varkenshouderij en de pluimveehouderij nationale sensor onderzoekslocaties ingesteld. In december 2023 is op de Marke in het Gelderse Hengelo als eerste de locatie voor de melkveehouderij geopend. De sensor onderzoekslocaties voor de varkenshouderij (in het Noord-Brabantse Valkenswaard) en pluimveehouderij (in het Utrechtse Woudenberg) zijn in de loop van 2024 gestart.

Richtlijnen voor het bepalen van emissies uit veestallen

Wanneer een veehouder een vergunning aanvraagt op basis van continu emissiemetingen is het belangrijk dat de emissies goed gemeten worden. In januari 2024 is de eerste versie van het rapport 'Richtlijnen voor het bepalen van emissies uit veestallen' uitgekomen. In november 2024 volgde een tweede versie. Dit document is opgesteld door WUR, TNO, ILVO en VITO en omschrijft hoe je wetenschappelijk verantwoord de emissies van stallen kan bepalen. In deel c wordt specifiek ingegaan hoe emissie monitoring van stallen voor een vergunning moet plaatsvinden. Dit kan nu voor dichte stallen, zonder uitloop en voor melkveestallen waarbij de koeien jaarrond op stal staan. Het plan is om deze richtlijn iedere 6 tot 12 maanden te actualiseren op basis van de ervaringen die in die periode zijn opgedaan met het continu meten van stalemissies.

Om de stap naar doelsturing te kunnen maken en een brede uitrol te realiseren is het van belang om stalemissiemetingen te normaliseren om tot betrouwbare en vergelijkbare resultaten te komen. Zo kan er ook toezicht gehouden worden op de meetbedrijven en kan de meetketen geborgd worden. Daarom krijgt het nationale normalisatie instituut NEN de opdracht om een norm te ontwikkelen voor de validatie van sensorsystemen voor het meten van stalemissies en een norm voor het continu monitoren hiervan. In de normcommissie kunnen publieke en private partijen bijdragen aan breed gedragen afspraken, die vastgelegd worden in de norm. Dit traject loopt van 2025 tot en met 2027.

Datagebruik en -uitwisseling

Bij een vergunning gebaseerd op continu meten is het belangrijk dat het bevoegd gezag goed toezicht kan uitvoeren. TNO heeft onderzocht welke dataoverdracht van de veehouder naar het bevoegd gezag nodig is om dit toezicht goed te kunnen uitvoeren. Dit staat omschreven in het rapport 'Richtlijnen voor data-uitwisseling emissie monitoring veehouderij'.¹⁹

Juridische aspecten van bedrijfsspecifiek meten

De adviezen van de meetrichtlijn en richtlijn data-uitwisseling kunnen landen in de vergunningen gebaseerd op continu meten. Bij de eerste twee doelvoorschriftvergunningen afgegeven door de provincie Gelderland zijn de richtlijnen vertaald in de voorschriften. Hoe deze vergunningen tot stand zijn gekomen leest u in meer detail in het achtergrondartikel hieronder. Diverse provincies en omgevingsdiensten hebben aanvragen liggen voor een doelvoorschriftvergunning op basis van continu meten. Dit is in feite de laatste stap in het innovatieproces. Deze programmalijn heeft als doel om deze aanvragen te volgen en daar waar nodig (technisch) te ondersteunen. Er wordt nu vanuit deze lijn gewerkt aan een handreiking vergunningverlening op basis van continu meten.

¹⁹ [TNO: Richtlijnen voor data-uitwisseling emissie monitoring veehouderij \(2024\).](#)

Wetenschap in de praktijk: eerste milieu- en natuurvergunningen op basis van doelvoorschriften gerealiseerd in Gelderland

Interview met Henk Radstaak van ForFarmers FarmConsult en Alfred van Lenthe van de Coalitie Vitale Varkenshouderij (CoViVa)

In een pionierende stap hebben twee varkensbedrijven in Neede en Vragender (Gelderland) eind 2024 met succes milieu- en natuurvergunningen verkregen op basis van doelvoorschriften, een vernieuwende aanpak binnen de vergunningverlening. Deze experimentele aanpak streeft naar een doelgestuurd in plaats van middelengestuurd systeem dat innovatie bij boeren bevordert. De juridische houdbaarheid zal de komende maanden, mede door een recente uitspraak van de Raad van State, op de proef worden gesteld.

Henk Radstaak van ForFarmers FarmConsult, die het vergunningentraject begeleidde, en Alfred van Lenthe van de Coalitie Vitale Varkenshouderij (CoViVa) lichten toe waarom, ondanks de obstakels die er mogelijk nog zijn, deze nieuwe vorm van vergunningverlening in de toekomst een belangrijk verschil kan gaan maken.

Andere wijze van vergunningverlening

“De huidige vergunningverlening in Nederland biedt weinig ruimte voor innovatie, omdat deze alleen al bekende emissiereducerende technieken toestaat,” zegt Henk Radstaak. “Er wordt voorgeschreven welke middelen gebruikt kunnen worden, denk aan een luchtwasser. Hiervoor geldt een vaststaande norm en daarmee wordt geteld. Dit is vooral een belemmering voor boeren die nieuwe stallen willen bouwen en verder willen gaan dan standaard maatregelen, zoals de twee jonge varkenshouders in Neede en Vragender.” In 2022 namen Radstaak en CoViVa het initiatief om met de provincie Gelderland en andere belanghebbenden zoals de Omgevingsdienst, een nieuwe richting in te slaan. Zij zagen mogelijkheden om een wijze van vergunningverlening te toetsen waarbij het proces omgedraaid wordt. De boer stelt met het bevoegd gezag vast hoeveel het bedrijf maximaal mag uitstoten en houdt zich daaraan. De uitstoot wordt continu gemonitord met sensoren en als die te hoog dreigt uit te vallen, neemt de boer aanvullende maatregelen. “Wij zijn enthousiast over dit ‘omgekeerde’ proces,” zegt Alfred van Lenthe. “We willen als sector graag toe naar een nieuw, duurzaam perspectief op de landbouw waarbij de boer verantwoordelijkheid neemt voor uitstoot maar ook bijvoorbeeld dierenwelzijn en -gezondheid, en vanuit eigen kennis en kunde aan de slag gaat met innovatie.”

Vanaf de keukentafel

“Het succes van deze methode ligt in het ‘vanaf de keukentafel’ samenbrengen van alle betrokken partijen om gezamenlijk naar oplossingen te zoeken,” legt Van Lenthe uit. “Door samenwerking leer je elkaar kennen en respecteren, wat leidt tot begrip voor elkaars belangen. Zo kom je soms sneller tot oplossingen dan verwacht.” Jurisprudentie – een stap die nu zal volgen – vormt een tijdrovend, maar cruciaal onderdeel van dit proces, om te garanderen dat de plannen opgeschaald kunnen worden naar andere bedrijven.

Wat zijn doelvoorschriften?

Met doelvoorschriften kan de boer zelf bepalen hoe die de uitstoot van het bedrijf kan reduceren om de natuur te beschermen. In het geval van de Gelderse varkensboeren betekent dit dat zij door middel van stalmetingen en specifieke managementmaatregelen aantonen dat zij onder de gewenste emissiegrenzen blijven. Een sluitend meetplan is enorm belangrijk voor deze manier van werken. Henk Radstaak: “Om die reden hebben we heel veel aandacht besteed aan dit meetplan met alle partijen die betrokken waren. Als je betrouwbaar kunt meten dat je niet boven de vergunde hoeveelheid zit kun je de

afgesproken uitstoot borgen richting de toezichthouder.” In de te bouwen stallen zal gewerkt worden met sensoren. Ingenieursbureau TAUW gaat de uitstoot van de stallen meten. De meetplannen zijn gereviseerd door Wageningen University & Research. “Als de emissiewaarden toch overschreden dreigen te worden, hebben de boeren aanvullende maatregelen op de plank liggen,” zegt Radstaak. “Ze kunnen dan bijvoorbeeld andere keuzes maken in voer of in aantallen vee.”

Voordelen van vergunningverlening op basis van doelvoorschriften

De doelvoorschriftenaanpak maakt het mogelijk om niet-officieel erkende technieken al te gebruiken voordat deze een uitgebreid accrediteringsproces hebben doorlopen. “Het voordeel van de doelvoorschriften-methode, is dat de boer meer vrijheid krijgt om duurzamere systemen te implementeren en de verantwoordelijkheid draagt voor het beheersen van de emissie,” zegt van Lenthe. Niet alleen voor de varkenssector, die veelal gebruik maakt van gesloten stalsystemen, biedt dit mogelijk uitkomst. Ook boerenbedrijven met kalveren, melkvee, kippen en geiten kijken vol verwachting uit naar de mogelijkheden die deze vergunningverlening biedt. “Doelvoorschriften vallen of staan niet met een gesloten stalsysteem, maar met helder afgestemde doelen en een betrouwbaar meetplan om na te gaan of deze behaald worden.”



Additionaliteitsvraagstuk en juridische toetsing

Op 18 december heeft de Raad van State uitspraken gedaan met betrekking tot intern salderen. Tot deze uitspraak hoefde bij intern salderen alleen worden aangetoond dat het nieuwe project voor minder uitstoot zorgde dan het bestaande project. Op basis van de uitspraak moet worden getoetst of deze vermindering van de uitstoot additioneel is aan alle maatregelen die al gepland staan voor de nabijgelegen Natura-2000 gebieden. De komende maanden zullen cruciaal zijn om te bepalen of de verleende vergunningen juridisch standhouden. “Het is een complex en tijdrovend proces,” zegt Henk Radstaak, “maar het is noodzakelijk voor de verdere ontwikkeling van duurzame landbouwpraktijken in Nederland. We weten dat dit geen gelopen race is, maar de jurisprudentie die volgt geeft ons hopelijk een duidelijke richting waarmee we verder kunnen gaan.”

Dit rapportage is een uitgave van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN). Deze uitgave is tot stand gekomen met input van RIVM, TNO, WUR, KNMI, CML, Universiteit Utrecht en OnePlanet.

Refereren aan de rapportage Voortgang Nationaal Kennisprogramma Stikstof 2024 kan als volgt: LVVN (2025), Voortgang Nationaal Kennisprogramma Stikstof 2024

MINISTERIE VAN LANDBOUW, VISSERIJ, VOEDSELZEKERHEID EN NATUUR

Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag
070 379 8911
www.rijksoverheid.nl/lvvn

Den Haag, maart 2025