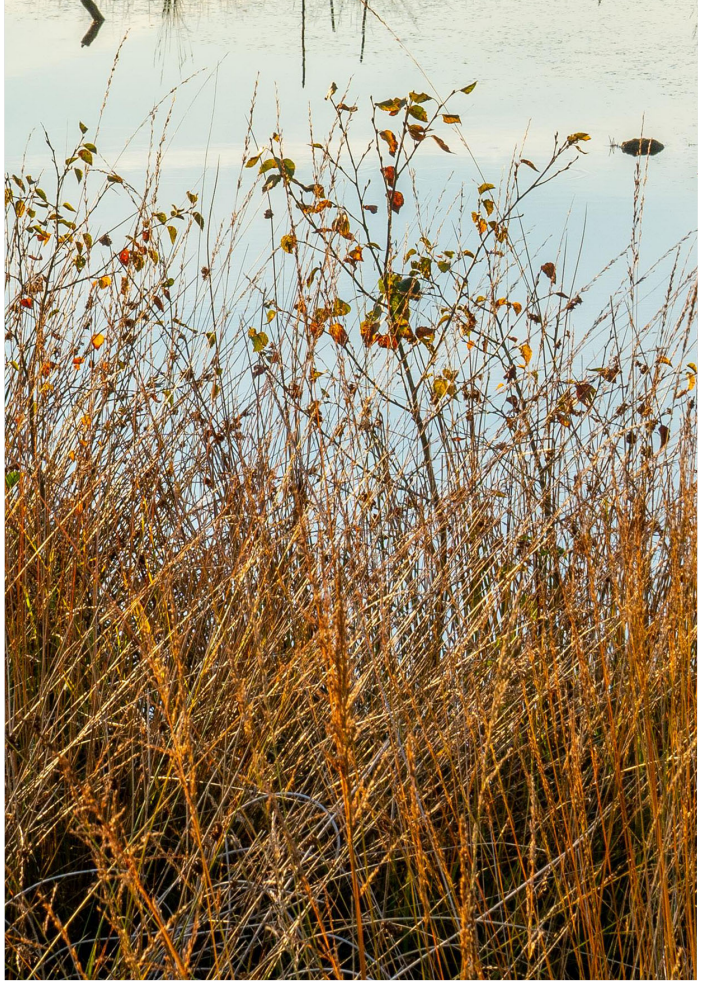
Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*





Monitor **stikstofdepositie** in Natura 2000-gebieden 2024

RIVM-rapport 2024-0076

Monitor stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden 2024

RIVM-rapport 2024-0076

Colofon

© RIVM 2024
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2024-0076

W.A. Marra (auteur), RIVM
S.B. Hazelhorst (auteur), RIVM
L.A. de Jongh (auteur), RIVM
R.J. Wichink Kruit (auteur), RIVM
J.M. Schram (auteur), RIVM
K.M.F. Brandt (auteur), RIVM

Contact:
Wouter Marra
Milieu en Veiligheid - Centrum voor Milieukwaliteit
wouter.marra@rivm.nl

Dit onderzoek is verricht op verzoek van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur in het kader van de monitoring van de Wet stikstofreductie en natuurverbetering. Deze monitoring bestaat uit meerdere onderdelen die een consortium van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het RIVM en Wageningen University & Research (WUR) uitvoert.

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

Publiekssamenvatting

Monitor stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden 2024

De lidstaten van de Europese Unie spraken af de kwaliteit van de natuur te verbeteren. Ze wezen daarvoor natuurgebieden aan die beschermd moeten worden (Natura 2000-gebieden). Te veel neerslag van stikstof (*stikstofdepositie*) is schadelijk voor bepaalde typen natuur. De Nederlandse overheid wil de kwaliteit van de natuur verbeteren door onder andere minder stikstof op natuur terecht te laten komen. In 2021 bepaalde de Nederlandse overheid wettelijke doelen op hoeveel oppervlak natuur de stikstofneerslag in de jaren 2025, 2030 en 2035 onder de *kritische depositiewaarde* ligt. Deze waarde geeft aan hoeveel stikstof de natuur aankan voordat er schade kan ontstaan.

Het RIVM onderzoekt elk jaar hoe de neerslag van stikstof zich ontwikkelt. Tussen 2005 en 2022 kwam er in Natura 2000-gebieden ongeveer 20 procent minder op de natuur terecht. Dit komt vooral doordat landbouw en verkeer in Nederland en de landen eromheen minder stikstof uitstootten. Wel daalde de uitstoot van deze sectoren de laatste tien jaar minder dan in de jaren ervoor. De hoeveelheid stikstof die op de natuur terechtkomt, neemt daardoor de laatste jaren steeds minder af. Andere sectoren, zoals industrie en energievoorziening, stootten ook steeds minder stikstof uit, maar dragen weinig bij aan de stikstofdepositie.

Hoe meer stikstof op de natuur terechtkomt en hoe langer dat duurt, hoe groter de kans is dat de natuur verslechtert. Deze monitor geeft daarom aan of de hoeveelheid stikstof boven de kritische depositiewaarde ligt en ook hoeveel stikstof erboven ligt. Doordat de stikstofneerslag daalt, was in 2022 de hoeveelheid stikstof boven de kritische depositiewaarde ongeveer 40 procent lager dan in 2005. Hierdoor komt in steeds meer delen van Natura 2000-gebieden de stikstofdepositie onder de kritische waarde: tussen 2005 en 2022 steeg dat oppervlak van ongeveer 20 naar 28 procent. Dit betekent dat de stikstofneerslag in veel natuurgebieden nog te hoog is.

Elk jaar komen nieuwe gegevens en inzichten beschikbaar, waardoor de cijfers over stikstofneerslag veranderen. Ondanks de updates bevestigt deze rapportage de conclusies over de ontwikkeling van de stikstofneerslag van vorig jaar. Deze rapportage bevat geen nieuwe verwachtingen voor de toekomst; die maakt het RIVM om het jaar.

Kernwoorden: stikstofdepositie, historische trend, stikstofreductie, Natura 2000, omgevingswaarden voor stikstof, KDW

Synopsis

Monitoring report 'Nitrogen deposition in Natura 2000 sites' 2024

The Member States of the European Union have agreed to improve the quality of nature. For this purpose they have designated nature conservation areas (Natura 2000 sites). Excessive nitrogen concentrations are harmful to specific types of nature. To improve the quality of nature, one of the measures taken by the Dutch government is to decrease the amount of nitrogen deposited. In 2021, the Dutch government adopted legal targets for 2025, 2030 and 2035. These targets indicate the surface area of nature where the deposition must be under the critical load for nitrogen. The critical load indicates how much nitrogen nature can endure without risking damage.

RIVM investigates the trend in nitrogen deposition each year. In 2022, the amount of nitrogen deposited in vulnerable Natura 2000 sites was about 20 percent lower than in 2005. This is mainly due to reductions in emissions from agriculture and traffic in the Netherlands and its neighbouring countries. However, the downward trend in emissions has slowed down in the past decade. As a result, the amount of nitrogen that ends up in nature has been decreasing less in recent years. Other sectors, such as industry and energy supply, also emitted less nitrogen, but their share in overall nitrogen deposition is low.

The more nitrogen ends up in nature and the longer this goes on for, the greater the risk of nature deteriorating. This monitoring report therefore states *whether or not* the amount of nitrogen deposited is above the critical load and indicates *how much* excess nitrogen has been deposited. As nitrogen deposition is on the decline, the amount of nitrogen deposited in excess of the critical load was in 2022 around 40 percent lower than in 2005. As a consequence, nitrogen deposition has fallen below the critical load in a larger proportion of Natura 2000 sites. Between 2005 and 2022, that proportion has increased from around 20 to 28 percent. Nevertheless, nitrogen deposition remains too high in many nature conservation areas.

Every year, new data and insights become available, which lead to changes in the figures on nitrogen deposition. The updates this year have little effect on the conclusions that the RIVM previously reported. This report contains no new prognosis for the future. These are made by the RIVM every other year.

Keywords: nitrogen deposition, historical trend, nitrogen reduction, Natura 2000, environmental values for nitrogen, critical load

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13
1.1 Aanleiding — 13
1.2 Doel en vraagstelling — 13
1.2.1 Aanpak — 13
1.3 Verschillen met het vorige rapport — 14
1.4 Leeswijzer — 14

2 Achtergrond: stikstof en stikstofgevoelige natuur — 17
2.1 Stikstofemissie en -depositie — 17
2.2 Problemen in natuurgebieden door stikstof — 18
2.3 Natura 2000-gebieden — 20
2.4 Uitwerking in Nederlandse wetgeving — 22

3 Methode — 23
3.1 Methode op hoofdlijnen — 23
3.2 Gegevens over stikstof — 23
3.2.1 Gegevens over stikstofemissies — 24
3.2.2 Stikstofmetingen — 24
3.3 Berekening en kalibratie depositiekaarten — 25
3.3.1 Kalibratie van berekeningen — 26
3.4 Varianten depositiekaarten — 26
3.4.1 Berekeningen voor specifieke jaren — 26
3.4.2 Berekeningen voor gemiddelde omstandigheden — 27
3.5 Bepalen overschrijding van de KDW — 27
3.5.1 Gegevens over stikstofgevoelige natuur — 27
3.5.2 Doelbereik omgevingswaarden voor stikstof — 28
3.6 Open data — 28

4 Ontwikkeling van de stikstofemissies — 29
4.1 Ontwikkeling van de stikstofemissies in Nederland — 29
4.1.1 Licht dalende trend van ammoniak — 29
4.1.2 Dalende trend van emissies van stikstofoxiden in Nederland — 29
4.1.3 Verwachte ontwikkeling van de stikstofemissies in Nederland — 31
4.2 Stikstofemissies van de landbouwsector — 32
4.2.1 Ontwikkeling 2005-2022 — 32
4.2.2 Verwachte ontwikkelingen van emissies — 33
4.3 Stikstofemissies van Mobiliteit — 34
4.3.1 Ontwikkeling 2005-2022 — 34
4.3.2 Verwachte ontwikkelingen van emissies — 35
4.4 Stikstofemissies van de sectoren Industrie en Energie — 36
4.4.1 Ontwikkeling 2005-2022 — 36
4.4.2 Verwachte ontwikkelingen van emissies — 36
4.5 Stikstofemissies van Huishoudens, Diensten en Bouw — 37
4.6 Buitenlandse ontwikkeling van de stikstofemissies — 37
4.6.1 België: ontwikkelingen van de stikstofemissies — 40
4.6.2 Duitsland: ontwikkelingen van de stikstofemissies — 40
4.6.3 Frankrijk: ontwikkelingen van de stikstofemissies — 41
4.6.4 Verenigd Koninkrijk: ontwikkelingen van de stikstofemissies — 41

4.7 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport — 42

5 Stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden — 43
5.1 Ontwikkeling van de stikstofdepositie — 43
5.1.1 Variatie van jaar tot jaar — 43
5.1.2 Effect van veranderende chemische samenstelling van de lucht — 44
5.2 Verwachte ontwikkeling van de stikstofdepositie — 45
5.3 Bijdrage aan de stikstofdepositie — 47
5.3.1 Bijdrage ammoniak en stikstofoxiden — 47
5.3.2 Bijdrage van sectoren — 48
5.4 Geografische verdeling van de stikstofdepositie — 49
5.5 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport — 50

6 Overschrijding van de kritische depositiewaarde in Natura 2000-gebieden — 51
6.1 Ontwikkeling overschrijding kritische depositiewaarden — 51
6.2 Verwachte ontwikkeling van overschrijding van de kritische depositiewaarden — 53
6.3 Geografisch beeld van de overschrijdingen van de kritische depositiewaarde — 54
6.4 Voortgang in relatie tot wettelijke doelen — 54
6.5 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport — 55

7 Onzekerheden in de stikstofdepositie en de berekende overschrijding van de KDW — 57
7.1 Onzekerheden in de berekende depositiewaarde — 57
7.1.1 Mate van onzekerheid in de berekende stikstofdepositie — 57
7.1.2 Bandbreedtes van prognoses — 58
7.2 Gevoeligheid berekende overschrijding kritische depositiewaarde — 58
7.3 Omgaan met onzekerheden — 59

8 Discussie — 61
8.1 Nieuwe gegevens en wetenschappelijke inzichten — 61
8.2 Geschiktheid van verschillende indicatoren voor monitoring — 62
8.3 Ontwikkeling monitoring — 63
8.3.1 Verbetering modellering — 63
8.3.2 Ruimtelijke verdeling emissiebronnen voor prognosekaarten — 63
8.3.3 Ontwikkeling regionale monitoring — 64

Dankwoord — 65

Referenties — 67

Bijlage 1 Begrippenlijst — 71

Bijlage 2 Toelichting op de methodebeschrijving en gebruikte gegevensbronnen — 75

Bijlage 3 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport — 90

Samenvatting

Stikstofdepositie en achteruitgang van biodiversiteit

Bij stikstofdepositie komen ammoniak en stikstofoxiden op de bodem en in vegetatie terecht (neerslag). Deze stikstofverbindingen komen vooral vrij in de landbouw en bij verbrandingsprocessen, zoals in verkeer en industrie. Door te veel stikstof gaat de natuur achteruit. Dit komt doordat er te veel voedingsstoffen beschikbaar zijn (vermesting), maar ook door verzuring van de bodem. Zeldzame planten kunnen hierdoor verdwijnen, en daarmee ook dieren die van deze planten afhankelijk zijn. De biodiversiteit gaat dan achteruit.

De Europese Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn zijn opgesteld om de biodiversiteit in stand te houden en te herstellen. De EU-lidstaten wezen daarvoor de Natura 2000-gebieden aan.

Doelen voor stikstofreductie

De overheid stelde wettelijk doelen om de stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden te beschermen tegen stikstofneerslag èn de kwaliteit van de kwetsbare natuur te verbeteren. Naast het terugdringen van de overbelasting door stikstofneerslag gaat het hierbij ook om de aanpak van andere factoren zoals beperkte of versnipperde leefgebieden, verdroging of slechte waterkwaliteit.

Een doel uit de Wet is om het oppervlak stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden met een stikstofneerslag onder de kritische depositiewaarde (KDW) te vergroten. Het doel voor 2025 is om 40 procent van het oppervlak onder de KDW te brengen. Voor 2030 is dit 50 procent en voor 2035 is dit 74 procent. De KDW geeft aan hoeveel stikstof de natuur aankan voordat er schade kan ontstaan. Hoe meer stikstof op de natuur komt en hoe langer dat duurt, hoe groter de kans is dat de natuur verslechtert.

Alternatief voor KDW doelen
In het hoofdlijnenakkoord 2024–2028 van de politieke partijen PVV, VVD, NSC en BBB wordt voorgesteld de KDW uit de wet te halen en te vervangen door een alternatief. Zolang dit alternatief er nog niet is, worden de bestaande wettelijke doelen gemonitord.

Doel en vraagstelling

Op verzoek van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) rapporteert een consortium periodiek over de voortgang van de stikstofreductie en natuurverbetering. Dat consortium bestaat uit het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en Wageningen University & Research (WUR).

In dit rapport brengt het RIVM de historische en verwachte ontwikkeling van de uitstoot en de neerslag van stikstof in beeld. Hiermee wordt vervolgens de overschrijding van de kritische depositiewaarde van

stikstofgevoelige natuur berekend. Dit wordt elk jaar gedaan. Elke twee jaar worden de prognoses opnieuw berekend aan de hand van de verwachte effecten van concreet uitgewerkt beleid.

De prognoses zijn nu niet opnieuw berekend, omdat er geen nieuwe emissieramingen beschikbaar zijn. De onderdelen van dit rapport over toekomstige jaren zijn een samenvatting van de vorige rapportage.

De stikstofdepositie is berekend met een rekenmodel en gegevens over stikstofuitstoot. Deze berekeningen zijn gekalibreerd met metingen van de concentratie en depositie van ammoniak en stikstofoxiden. De combinatie van meten en berekenen geeft het meest nauwkeurige beeld van de stikstofdepositie. De modellen maken het mogelijk de depositie te berekenen waar geen metingen plaatsvinden en om prognoses te maken.

Het consortium geeft ook inzicht in de voortgang en effecten van stikstof- en natuurherstelmaatregelen, de sociaaleconomische effecten van dit beleid en de landelijke staat van instandhouding van soorten en habitattypen. Dit is geen onderdeel van deze rapportage.

Daling in stikstofdepositie

Door de daling van de stikstofuitstoot in binnen- en buitenland, nam de stikstofdepositie in Nederland tussen 2005 en 2022 met circa 20 procent af. Op stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden was de stikstofdepositie in 2022 gemiddeld ongeveer 1425 mol stikstof per hectare per jaar. Voor deze cijfers voor 2022 is hierbij uitgegaan van gemiddelde weersomstandigheden.

De daling van stikstofdepositie in deze periode komt voor een groot deel door de afname van de uitstoot door de landbouw en het verkeer. Deze sectoren dragen het meest bij aan de stikstofdepositie. De afname van de uitstoot is de afgelopen tien jaar minder sterk dan daarvoor en er zijn jaren geweest waarin de uitstoot steeg, voor zowel landbouw als mobiliteit. Uitstoot uit industrie en energievoorziening laten ook een daling zien. Deze sectoren hebben slechts een klein aandeel in de totale stikstofdepositie.

De uitstoot uit het buitenland heeft ook een significante bijdrage aan de depositie in Nederland. België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk laten grotendeels dezelfde ontwikkeling zien als Nederland. Uitzondering is Duitsland waar de uitstoot uit landbouw de laatste jaren sterker is gedaald.

Door de kleinere afname van de stikstofuitstoot in de laatste jaren is ook de daling in stikstofdepositie afgezwakt. Verder speelt hierbij mee dat de depositie afhankelijk is van meer dan alleen de uitstoot in binnen- en buitenland. Het weer en chemische processen in de lucht spelen ook een belangrijke rol.

In 2023, het meest recente jaar waarvoor de stikstofdepositie is berekend, was de stikstofdepositie net iets hoger dan in 2022 (ca. 15 mol/ha/jaar of 1 procent). Dit verschil komt vooral doordat er in 2023

meer regen is gevallen. Fluctuaties van jaar tot jaar komen vooral door verschillen in het weer.

Overschrijding van de KDW in Natura 2000-gebieden

Door de daling in stikstofdepositie, daalt ook de overschrijding van de kritische depositiewaarde. De gemiddelde overschrijding in Nederlandse Natura 2000-gebieden is tussen 2005 en 2022 gedaald met ongeveer 40 procent. De overschrijding van de KDW verschilt sterk van plek tot plek, en is voor het grootste deel van de natuur kleiner dan 1000 mol/ha/jaar. In 2022 was de stikstofdepositie gemiddeld circa 485 mol/ha/jaar hoger dan de KDW.

Het oppervlak stikstofgevoelige natuur in Nederlandse Natura 2000-gebieden waar de stikstofneerslag lager is dan de KDW, nam tussen 2005 en 2022 toe van ongeveer 20 procent tot 28 procent. Deze toename vond vooral plaats tot 2010 en is daarna afgezwakt.

Verschillen door nieuwe inzichten

Jaarlijks wijzigen de cijfers over stikstofdepositie, omdat nieuwe gegevens en inzichten beschikbaar komen en verbeteringen in het rekenmodel worden doorgevoerd. De wijzigingen dit jaar hebben geen effect op de eerder gepresenteerde conclusies.

Voor de jaren in het verleden zijn de achtergrondgegevens van het rekenmodel geactualiseerd. Door deze update is het verschil tussen berekeningen en metingen kleiner geworden. In combinatie met nieuwe emissiecijfers is hierdoor de berekende stikstofneerslag voor de jaren 2005-2021 bijgesteld (verschillen tot 25 mol/ha/jaar, 2 procent). Uitzondering hierop is 2022. Hiervoor is de berekende stikstofneerslag ongeveer 50 mol/ha/jaar lager dan vorig jaar berekend was.

De cijfers van de prognoses zijn niet veranderd ten opzichte van de vorige rapportage, omdat er geen nieuwe prognoses zijn doorgerekend.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2021 is de Wet stikstofreductie en natuurverbetering (Wsn), onderdeel van de Omgevingswet, in werking getreden. Hiermee is een beleidsprogramma van start gegaan met als doel het verminderen van de depositie van stikstof in Natura 2000-gebieden en het bereiken van de instandhoudingsdoelstellingen voor deze gebieden.

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), inmiddels het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN), verzocht een consortium van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het RIVM en Wageningen University & Research (WUR) de doelen uit de wet te monitoren.

Dit rapport heeft als doel om jaarlijks te volgen of er op natuurgebieden minder stikstof neerslaat. In het bredere monitorings- en evaluatieprogramma wordt ook gekeken naar de sociaaleconomische effecten, de effectiviteit van stikstof- en natuurmaatregelen en de landelijke staat van instandhouding van soorten en habitattypen en doelbereik in Natura 2000-gebieden (Van Zeijts et al., 2024).

1.2 Doel en vraagstelling

Dit rapport beantwoordt vijf vragen over de stikstofgevoelige natuur in Nederlandse Natura 2000-gebieden:

1. Wat is de ontwikkeling van de stikstofdepositie vanaf 2005 tot nu?
2. Wat zijn de verwachte trends van de stikstofdepositie tot 2040?
3. Wat is de trend in overschrijding van de kritische depositiewaarde?
4. Worden naar verwachting de wettelijke doelen voor stikstofdepositie (omgevingswaarden) gehaald? En op termijn: zijn de doelen gehaald?
5. Welke verklaringen zijn er te geven voor de trends in de stikstofemissies (-uitstoot) en -deposities?

In dit huidige rapport zijn de nieuwste emissiegegevens en inzichten verwerkt. Ten opzichte van de rapportage van vorig jaar zijn er geen nieuwe emissieramingen beschikbaar. Daarom zijn de prognoses niet opnieuw doorgerekend en zijn er geen nieuwe conclusies te trekken over de toekomstige jaren (vragen 2 en 4).

In andere rapportages wordt ingegaan op het individuele effect van stikstofmaatregelen (Reinds et al., 2024) en andere factoren die van belang zijn voor het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor de Natura 2000-gebieden (Van Zeijts et al., 2024).

1.2.1 Aanpak

Om bovenstaande vragen te beantwoorden zijn depositiekaarten gemaakt. Deze kaarten zijn gebaseerd op een combinatie van modelberekeningen en metingen. Deze combinatie geeft het meest

nauwkeurige beeld van de stikstofdepositie. De modellen maken het ook mogelijk om depositie te berekenen op locaties waar niet gemeten wordt en prognoses van stikstofdepositie te maken op basis van emissieramingen. Hiervoor is gebruikgemaakt van:

- gegevens uit de Emissieregistratie van ammoniak en stikstofoxiden;
- emissieramingen van ammoniak en stikstofoxiden, behorend bij de Klimaat- en Energieverkenning;
- Europese rapportages over emissies en emissieramingen in buurlanden;
- metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) en het Meetnet Ammoniak Natuurgebieden (MAN);
- rekenmodel OPS voor de verspreiding en depositie van milieuverontreinigende stoffen.

De depositiekaarten in dit rapport geven, in combinatie met gegevens over de stikstofgevoelige natuur, inzicht in de overschrijding van de kritische depositiewaarde (KDW) en daarmee in het oppervlak stikstofgevoelige natuur onder de KDW. Hiervoor zijn de meest recente kaarten van de Natura 2000-gebieden met stikstofgevoelige natuur van provincies en Rijk gebruikt. Methoden en verdere uitgangspunten staan beschreven in hoofdstuk 3.

1.3 Verschillen met het vorige rapport

Alleen uitbreiding van de jaren
Het vorige rapport, *Monitor stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden 2023* (RIVM, 2023a), rapporteerde over de stikstofdepositie 2005-2022 met prognoses voor 2025, 2030, 2035 en 2040. Het huidige rapport presenteert de stikstofdepositie van 2005 tot en met 2023. De prognoses zijn ongewijzigd.

Actualisatie emissie- en depositiecijfers
De tijdreeks van de emissie- en depositiecijfers is geactualiseerd. Dit betekent dat hierin nieuwe inzichten over de uitstoot van stikstof zijn verwerkt. Het RIVM actualiseert de cijfers over stikstofdepositie elk jaar om de best beschikbare inzichten te gebruiken bij de berekening van de stikstofdepositie. Elk hoofdstuk gaat kort in op de belangrijkste verschillen met het vorige rapport. Bijlage 3 licht de verschillen verder toe.

Actualisatie habitatkartering
De gebruikte habitatkartering is geactualiseerd. De habitatkaart wordt gebruikt om de KDW's op de kaart te zetten.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staat de informatie die nodig is om de inhoud van dit rapport te kunnen begrijpen. Begrippen als stikstof, emissie, depositie en Natura 2000-gebieden worden uitgelegd. Ook beschrijft het hoofdstuk de effecten van stikstof op de natuur, de KDW en de Wet stikstofreductie en natuurverbetering.

Hoofdstuk 3 beschrijft de methodiek en werkwijze voor dit rapport.

Hoofdstuk 4 gaat over de ontwikkeling van stikstofemissies. Het beschrijft op hoofdlijnen de trends uit het verleden en naar de toekomst met verklaring van onderliggende oorzaken.

Hoofdstuk 5 gaat over de ontwikkeling en verklaring van stikstofdepositie vanaf 2005.

Hoofdstuk 6 geeft antwoord op de vraag in welke mate de KDW in Natura 2000-gebieden wordt overschreden, deels in relatie tot de gestelde doelen (omgevingswaarden).

Hoofdstuk 7 bespreekt onzekerheden in de gepresenteerde cijfers en hoofdstuk 8 reflecteert op de gebruikte indicatoren in deze rapportage en de ontwikkelpunten voor deze monitoring in de komende jaren.

De bijlagen geven meer gedetailleerde informatie bij de hoofdtekst.

2 Achtergrond: stikstof en stikstofgevoelige natuur

Dit hoofdstuk geeft achtergrondinformatie over stikstof en de Natura 2000-gebieden.

2.1 Stikstofemissie en -depositie

Het scheikundige element stikstof (N) komt in meerdere vormen voor. De meest voorkomende vorm is stikstofgas (N_2.) Dit gas vormt 78 procent van de atmosfeer (lucht). Stikstof komt ook voor in de stoffen ammoniak (NH_3) en stikstofoxiden (NO en NO_2, ook wel genoteerd als NO_x). Bij stikstofdepositie gaat het om deze laatste twee stikstofverbindingen (reactieve stikstof).

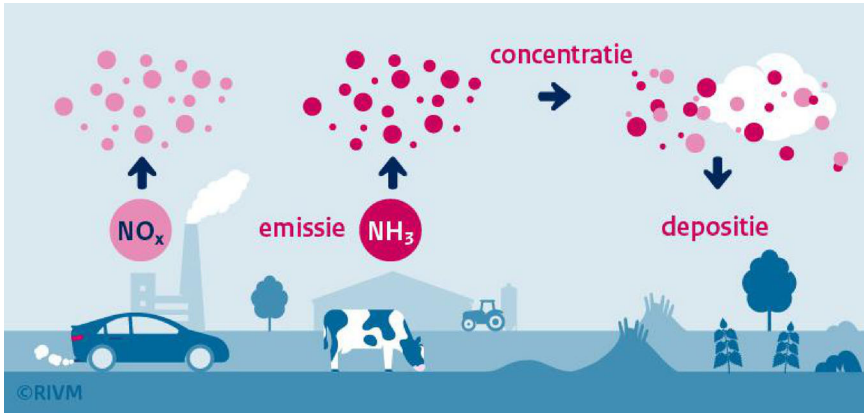
Emissie is de uitstoot van stoffen naar lucht, water of bodem (Bijlage 1). Ammoniak wordt voornamelijk uitgestoten door de landbouw. Het komt in de lucht terecht wanneer het verdampt uit dierlijke mest of wanneer dierlijke mest en kunstmest worden uitgereden op landbouwgrond. De grootste emissiebronnen voor stikstofoxiden zijn het verkeer, de landbouw, energiecentrales en de industrie. Stikstofoxiden worden gevormd bij verbranding op hoge temperaturen en bij bodemprocessen in de landbouw (onvolledige denitrificatie).

Stikstofoxiden en ammoniak komen via de lucht in de bodem en vegetatie terecht. Dit proces noemen we depositie. Dit kan op twee manieren, namelijk nat en droog. Bij natte depositie lossen stikstofverbindingen op in neerslag en vallen zo op de bodem. Bij droge depositie nemen planten en de bodem de ammoniak direct uit de lucht op (Figuur 1).

Er komt tegenwoordig veel meer stikstof in natuurgebieden dan 100 jaar geleden. Dat komt door een toename in uitstoot van stikstofverbindingen door het gebruik van (fossiele) brandstoffen, (kunst)mest, en door een grotere veestapel met een hogere productie per dier.

Eenheden voor stikstofemissie en -depositie
De stikstofemissie wordt per vorm waarin het voorkomt, stikstofoxiden of ammoniak, uitgedrukt in kilogrammen of tonnen (1000 kg) per jaar. Het gewicht van ammoniak en stikstofoxiden verschilt echter. Een ammoniakmolecuul (NH_3) is bijna drie keer zo licht als een stikstofdioxidemolecuul (NO_2). Dat betekent dat in één kilo NH_3 drie keer zoveel elementaire stikstofdeeltjes (N) zit als in een kilo NO_2.

Bij stikstofdepositie is het aantal deeltjes dat neerslaat per oppervlakte-eenheid in een jaar van belang. In dit rapport hanteren we daarom als maat voor stikstofdepositie het aantal mol stikstof (N) per hectare per jaar (mol/ha/jaar).



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

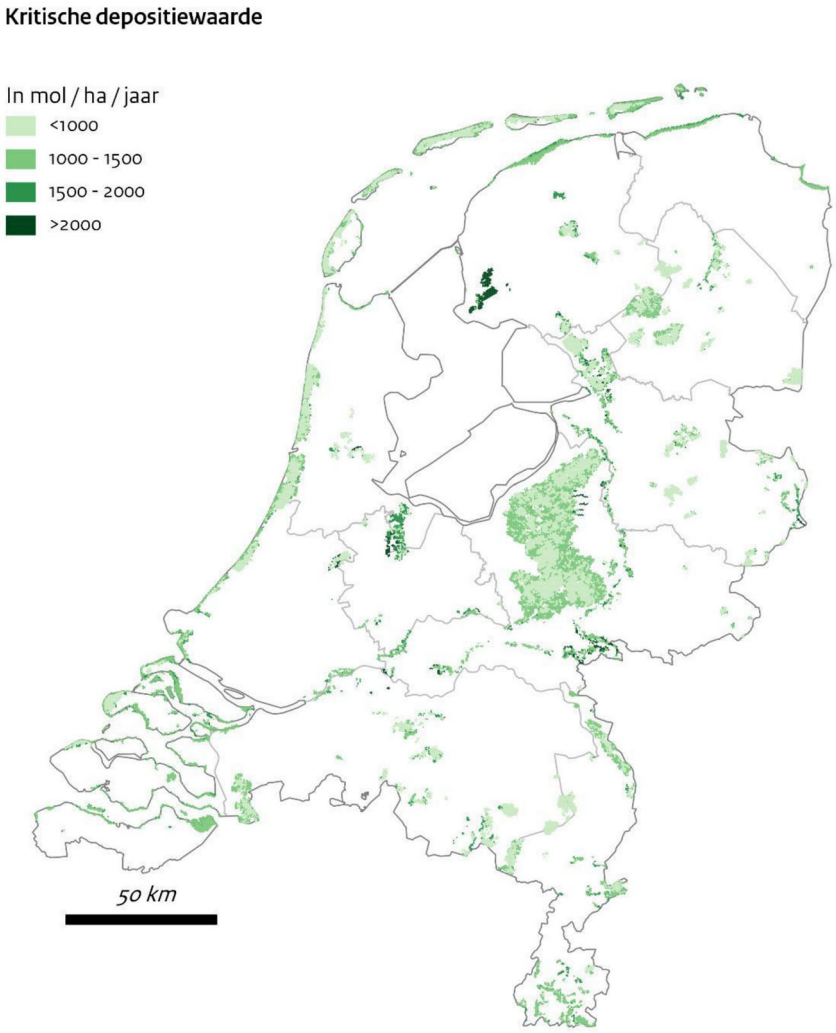
2.2 Problemen in natuurgebieden door stikstof

Effecten op natuur en bodem
Door langdurige depositie van te grote hoeveelheden stikstof gaat de natuur achteruit. Hoe meer stikstof op de natuur komt en hoe langer dat duurt, hoe groter de kans is dat de natuur verslechtert. Veel stikstof zorgt er namelijk voor dat natuurgebieden vermesten en verzuren. Daardoor kunnen er minder verschillende soorten planten en dieren leven.

Door veel stikstofdepositie krijgt de bodem extra voedingsstoffen (vermesting). Sommige planten groeien goed in een omgeving met veel voedingsstoffen, zoals brandnetels op land of algen in water. Door vermesting kunnen deze planten de plek innemen van oorspronkelijke planten die vooral in een omgeving met weinig voedingstoffen groeien, zoals heide. Deze planten verdwijnen op den duur. Door verzuring verandert de samenstelling van de bodem, waardoor bepaalde planten er niet meer kunnen leven.

Het gevolg is dat dieren en vogels die afhankelijk zijn van bepaalde natuur kunnen verdwijnen. Veel variatie in planten en dieren (biodiversiteit) is belangrijk voor een gezonde leefomgeving en bijvoorbeeld de bestuiving van gewassen. Het helpt ook om de effecten van klimaatverandering tegen te gaan.

De kritische depositiewaarde (KDW) geeft aan hoeveel stikstof de natuur aankan zonder dat er schade ontstaat. Het is een wetenschappelijke waarde die ecologen hebben bepaald. Hoe meer stikstof op de natuur komt en hoe langer dat duurt, hoe groter de kans is dat de natuur verslechtert (Nilsson & Grennfelt, 1988; Bobbink & Hettelingh, 2011; Van Dobben et al, 2023). De hoeveelheid stikstof die de natuur aankan verschilt per type natuur (habitattype). Daarom heeft elk habitattype een eigen KDW (zie Figuur 2 en Wamelink et al., 2023).



Figuur 2 Kritische depositiewaarde (KDW) van habitats in Natura 2000-gebieden in Nederland. Per vlak van 16 hectare is de minimale KDW getoond. De KDW's variëren tussen de 429 en 2399 mol/ha/jaar. KDW's afkomstig uit Wamelink et al. (2023).

Effecten op water- en luchtkwaliteit
Ook de water- en luchtkwaliteit kan door stikstof achteruitgaan. Het gebruik van (kunst)mest leidt vooral op zand- en lössgronden tot verhoogde nitraatconcentraties in zowel het oppervlaktewater als grondwater. In oppervlaktewater kan dit leiden tot overmatige algengroei en een zuurstoftekort in het water (hypoxie). Via drinkwater kan nitraat tot gezondheidsrisico's leiden door omzetting naar het schadelijke nitriet.
Uit ammoniak en NO_2 (en SO_2) wordt fijnstof gevormd (secundaire anorganische aerosolen), dat nadelig is voor de luchtkwaliteit en schadelijk effecten op de gezondheid heeft.

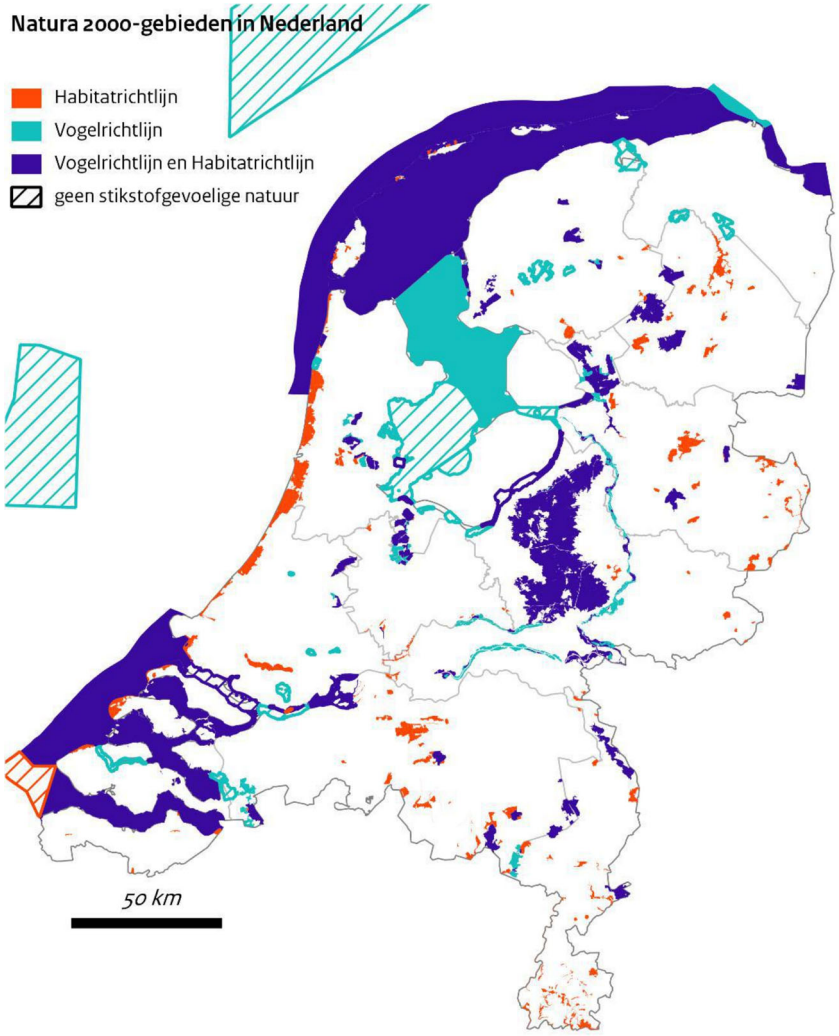
Neveneffecten
Activiteiten die stikstof uitstoten, stoten meestal ook broeikasgassen uit die invloed hebben op het klimaat. Bijvoorbeeld de verbranding van (fossiele) brandstoffen en de uitstoot van methaan en lachgas door landbouw. Maatregelen in het kader van klimaat- of luchtkwaliteitsbeleid kunnen dus ook bijdragen aan de vermindering van stikstofuitstoot. Andersom kan de vermindering van stikstofuitstoot, ook bijdragen aan klimaat- en luchtkwaliteitsbeleid.

2.3 Natura 2000-gebieden

De Europese Unie vindt het belangrijk om de biodiversiteit in EU-lidstaten te behouden en te herstellen. De Vogelrichtlijn (VR, 1979) en de Habitatrichtlijn (HR, 1992) zijn hiervoor de belangrijkste richtlijnen. De Europese Unie wil met deze richtlijnen een bijdrage leveren aan de wereldwijde bescherming van de biodiversiteit door habitattypen en soorten te behouden die vrijwel alleen in Europa voorkomen.
Lidstaten zijn verplicht om de soorten en habitattypen die door de richtlijnen worden beschermd in stand te houden en achteruitgang te voorkomen. Dit is de zogenoemde ‘gunstige staat van instandhouding’. Er zijn doelstellingen geformuleerd per habitattype en soort. Deze doelen geven aan of behoud, uitbreiding, het verbeteren van de kwaliteit nodig is.

Een onderdeel van de implementatie van de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn is het Natura 2000-netwerk. EU-lidstaten wezen voor de te beschermen soorten en habitattypen natuurgebieden aan. Dit zijn de Natura 2000-gebieden, waarvoor specifieke gebiedsdoelen zijn opgesteld.

In Nederland zijn er 162 Natura 2000-gebieden. Hiervan zijn er 131 met habitattypen en/of leefgebieden van soorten, die gevoelig zijn voor stikstof (Figuur 3). In veel van deze gebieden komt nu meer stikstof terecht dan de kritische depositiewaarde (KDW). Om de achteruitgang van natuurkwaliteit te stoppen en de doelen van de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn te bereiken, is meer nodig dan alleen het terugdringen van de stikstofdepositie. Denk bijvoorbeeld aan het aanpakken van versnipperd leefgebied, verdroging en waterkwaliteit (Ecologische Autoriteit, 2024).



Figuur 3 Natura 2000-gebieden in Nederland. In de figuur is aangegeven of de natuur in het gebied beschermd wordt vanuit de Vogelrichtlijn, Habitatrichtlijn, of vanuit beide richtlijnen. Ook geeft de figuur weer welke gebieden geen stikstofgevoelige natuur bevatten. Data: LNV 2023.

Habitattypen en leefgebieden (habitats)
Habitattypen zijn ecosysteemtypen met karakteristieke geografische, abiotische en biotische kenmerken. Een *leefgebied* is een door biotische en abiotische factoren bepaald milieu waarin een soort tijdens één van de fasen van zijn biologische cyclus leeft. Dit rapport neemt enkel stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden in de analyses mee. Wanneer er wordt gesproken over *habitats* en *stikstofgevoelige natuur (in Natura 2000-gebieden)*, worden hiermee zowel de habitattypen als de leefgebieden die van belang zijn voor het instandhouden van een soort bedoeld.

2.4 Uitwerking in Nederlandse wetgeving

In de Omgevingswet (voorheen Wet Natuurbescherming) zijn in Nederland alle verplichtingen uit de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn verwerkt. Op basis van deze wet moeten activiteiten een vergunning hebben als ze nadelige gevolgen kunnen hebben voor de instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden. Hieronder vallen ook de nadelige effecten van stikstofdepositie.

In 2015 werd het Programma Aanpak Stikstof (PAS) geïntroduceerd. Dit programma had als doel om de hoeveelheid stikstof in de Natura 2000-gebieden terug te dringen en tegelijkertijd economische ontwikkeling mogelijk te maken. De Raad van State oordeelde in 2019 dat het PAS niet langer als basis mocht dienen voor vergunningverlening.

Vervolgens is in 2021 de Wet stikstofreductie en natuurverbetering (Wsn [1]), aangenomen. Hiermee is in de Omgevingswet onder meer de resultaatsverplichtingen voor de overbelasting door stikstofdepositie van Natura 2000-gebieden opgenomen (omgevingswaarden), waarin de kritische depositiewaarde een belangrijke maat is. De wet geeft ook opdracht voor het Programma Stikstofreductie en Natuurherstel met maatregelen om die doelen te bereiken en de natuur te herstellen.

Om de doelstellingen te behalen, worden er verschillende maatregelen genomen om de stikstofdepositie in de Natura 2000-gebieden te beperken. In 2022 en 2023 stelde het vorige kabinet voorlopige emissiedoelen voor gebieden en sectoren op als onderdeel van het (Ontwerp) Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) (LNV 2022a; LNV 2023).

In het hoofdlijnenakkoord 2024–2028 (PVV, VVD, NSC en BBB, 2024) wordt voorgesteld de kritische depositiewaarde uit de wet te halen en te vervangen door een alternatief waar de daadwerkelijk gemeten staat van de natuur leidend is. Op het moment van schrijven is de wet nog niet aangepast.

Omgevingswaarden voor stikstof
Het reductiedoel voor stikstof is vastgelegd in de omgevingswaarden voor stikstof. De omgevingswaarde beschrijft de doelstelling voor het percentage oppervlak van de stikstofgevoelige natuur waarvan de stikstofdepositie onder de KDW moet zijn in een bepaald jaar [2]. De omgevingswaarden gelden voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden samen, er zijn geen doelen voor individuele gebieden.

Deze wettelijk vastgestelde doelen zijn:
- voor 2025: ten minste 40 procent;
- voor 2030: ten minste 50 procent;
- voor 2035: ten minste 74 procent.

[1] zie https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2021-140.html
[2] In de Wet staat: het percentage van het areaal van de voor stikstofgevoelige habitats in Natura 2000-gebieden waarop de stikstofdepositie niet groter is dan de hoeveelheid in mol per hectare per jaar waarboven verslechtering van de kwaliteit van die habitats niet op voorhand is uit te sluiten.

3 Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de methode die wordt gebruikt om de stikstofdepositie en de overschrijding van de kritische depositiewaarden te berekenen. Ook staat in dit hoofdstuk welke gegevens hiervoor worden gebruikt en waar deze vandaan komen. In Bijlage 2 staat een uitgebreide beschrijving van de methode en verantwoording van de gebruikte gegevensbronnen.

3.1 Methode op hoofdlijnen

De methode bestaat uit een aantal stappen (Figuur 4):

1. De ontwikkelingen van de uitstoot (emissie) van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland en omringende landen zijn in kaart gebracht (zie hoofdstuk 4).
2. Met behulp van modellen en metingen zijn kaarten gemaakt van de stikstofdepositie. Deze kaarten geven de historische en verwachte ontwikkeling (prognoses) van de stikstofdepositie weer (zie hoofdstuk 5).
3. De overschrijding van de KDW van de stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden is bepaald. Evenals het oppervlak van de stikstofgevoelige natuur dat onder de KDW zit (zie hoofdstuk 6).
4. Op grond daarvan is bepaald of de gestelde omgevingswaarden gehaald gaan worden (zie hoofdstuk 6).

3.2 Gegevens over stikstof

Om de ontwikkeling van stikstofdepositie in beeld te brengen zijn gegevens over de emissies en de metingen van verschillende stikstofcomponenten de belangrijkste gegevensbronnen. Gegevens over de historische emissies en ramingen van de emissies in de toekomst laten zien wat de ontwikkeling per sector is geweest en wat de verwachting is hoe deze zich verder ontwikkelt.

Met verschillende meetinstrumenten wordt bepaald hoeveel stikstof er in de lucht of in regenwater zit. Deze metingen vinden plaats verspreid over heel Nederland en geven een beeld van de ontwikkeling van de verschillende stikstofcomponenten door de jaren heen.

De emissiegegevens zijn invoer voor modelberekeningen om de ontwikkeling in stikstofdepositie te berekenen. De resultaten van deze berekeningen worden gekalibreerd aan de metingen.



Figuur 4 Schematische weergave van de gehanteerde methode om de stikstofdepositie en de overschrijding van de kritische depositiewaarden te berekenen.

3.2.1 Gegevens over stikstofemissies

Voor de historische emissies over de jaren wordt gebruikgemaakt van gegevens van de Emissieregistratie voor Nederlandse emissiebronnen (RIVM, 2024b) en van Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP, 2023) voor buitenlandse emissiebronnen. Voor de toekomstige jaren zijn voor deze editie geen nieuwe prognoses opgesteld, omdat de emissieramingen voor luchtvervuilende stoffen elke twee jaar verschijnen. Hiervoor waren gegevens over emissieramingingen van de Klimaat- en Energieverkenning 2022 gebruikt (PBL, TNO, CBS & RIVM, 2022; PBL, RIVM, TNO & WUR, 2023).

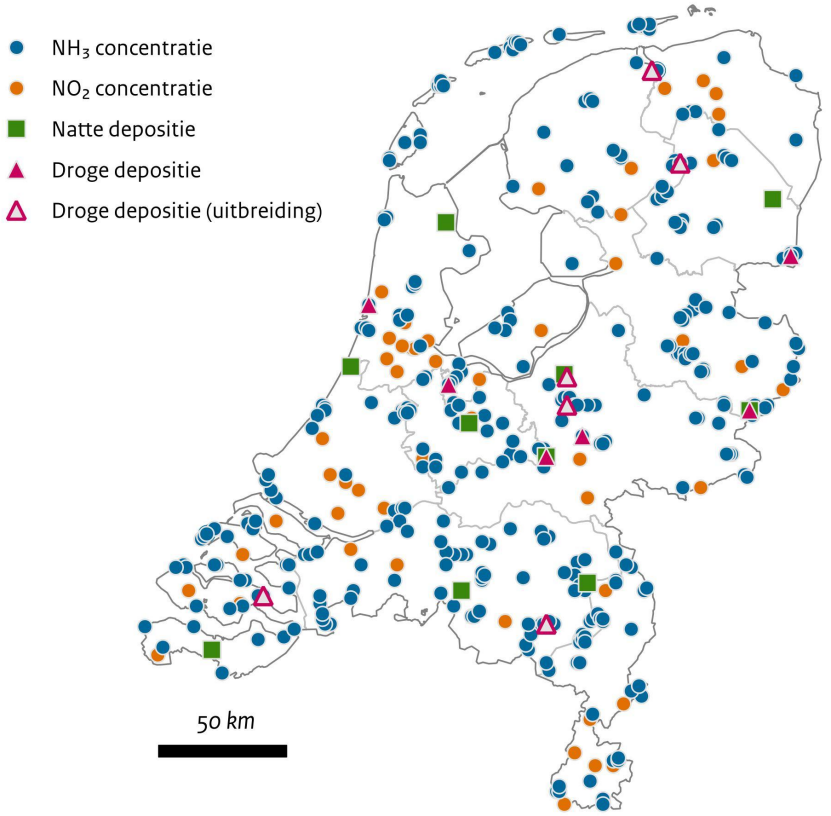
3.2.2 Stikstofmetingen

Het RIVM meet in verschillende meetnetten hoeveel stikstof er in de lucht zit (concentratie) en neerslaat via natte depositie (stikstof in regenwater) en droge depositie. De concentratie van ammoniak wordt op meer dan 300 plekken in meer dan 100 natuurgebieden gemeten, de natte depositie op tien meetlocaties en de droge depositie op zes locaties (Figuur 5). Dit rapport gaat niet in op de resultaten van de meetnetten. Deze worden wel uitgebreid beschreven op de website [3]. De metingen worden gebruikt om de berekeningen te valideren en te

[3] https://www.rivm.nl/stikstof/monitoren-advies-onderzoek/overzicht-stikstofmetingen

kalibreren en om inzicht te krijgen in de ontwikkelingen in stikstofdepositie.

Meetlocaties van de concentratie en depositie van stikstof



Figuur 5 Locaties waarop de stikstofconcentratie en -depositie wordt gemeten in Nederland. Op een aantal locaties wordt gewerkt aan mogelijke uitbreiding van het meetnet.

3.3 Berekening en kalibratie depositiekaarten

Het RIVM berekent de stikstofdepositie met het verspreidingsmodel Operationele Prioritaire Stoffen (OPS) (RIVM, 2004; RIVM, 2023d). Hiervoor zijn verschillende gegevens gebruikt over de uitstoot van stikstof. Bijvoorbeeld de hoeveelheid uitstoot van ammoniak en stikstofoxiden, de hoogte van de uitstoot en de ruimtelijke verdeling van de bronnen. Het OPS-model rekent op basis van deze gegevens uit hoeveel elke bron bijdraagt aan de stikstofdepositie. Naast gegevens over emissies gebruikt het model ook gegevens over het weer en terreineigenschappen. Zo ontstaat een totaalbeeld van de depositie uit alle emissiebronnen in Nederland en het buitenland. Daarmee worden kaarten gemaakt van de stikstofdepositie voor heel Nederland of specifiek voor Natura 2000-gebieden.

3.3.1 *Kalibratie van berekeningen*

De modelberekeningen worden gekalibreerd met metingen van de stikstofconcentratie en -depositie. Dat betekent dat de berekeningen aangepast worden als ze verschillen van de metingen. Het RIVM gebruikt hiervoor de metingen van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN) en het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML).

Het RIVM gebruikt deze methode ook voor de kaarten van de grootschalige concentratie (GCN) en depositie (GDN) in Nederland. Zie Bijlage 2 voor meer informatie over de gebruikte methode en gegevens.

3.4 Varianten depositiekaarten

Bovenstaande methode is op twee manieren toegepast. Er zijn *jaar-specifieke* berekeningen gedaan met gegevens over het weer voor die exacte jaren en er zijn berekeningen gedaan met gegevens over *gemiddelde weersomstandigheden*. Deze worden gebruikt voor resultaten waarbij fluctuaties van jaar tot jaar door ander weer niet relevant zijn of voor de berekeningen van prognoses.

Emissies voor een specifiek jaar worden wel gebruikt bij berekeningen met gemiddelde omstandigheden, omdat het effect door de ontwikkeling in emissies hiervoor wel relevant is. Zie Tabel 1 voor een overzicht.

Tabel 1 Varianten van de stikstofdepositiekaarten en toegepaste (emissie)jaren in deze rapportage. [1]Prognoses en referentie zijn niet geactualiseerd voor deze rapportage.

Variant	Gegevens	Jaren
Historische reeks stikstofdepositie	Jaar-specifiek	2005-2023
Historische reeks verzurende depositie	Jaar-specifiek	2005-2023
Achtergrond	Gemiddelde omstandigheden	2022
Prognoses[1]	Gemiddelde omstandigheden	2025, 2030, 2035, 2040
Referentie[1]	Gemiddelde omstandigheden	2020

3.4.1 *Berekeningen voor specifieke jaren*

De berekening van de depositie voor een specifiek jaar maakt gebruik van emissiegegevens, meteorologische- en chemische omstandigheden en metingen uit dat jaar. Zo wordt het effect zichtbaar van zowel de ontwikkeling in emissie als van weersomstandigheden. Deze methode is gebruikt voor de historische reeks van stikstofdepositie en verzurende depositie.

- *Historische reeks stikstofdepositie:* de historische reeks stikstofdepositie gebaseerd op emissiegegevens van specifieke jaren. Uitzondering is de laatste kaart in de reeks (2023), die gemaakt is met Nederlandse emissiegegevens van een jaar eerder (2022). Emissiegegevens over Nederland komen pas een jaar later beschikbaar. Voor gegevens over buitenlandse emissies is dat zelfs twee jaar later (2021). Door de aannames in de binnenlandse en buitenlandse emissies gaat het bij de laatste twee jaar nog om voorlopige berekeningen. Deze depositiekaarten hebben een resolutie van 1 bij 1 km (1 km^2).

- *Historische reeks verzurende depositie: z*waveldioxide, stikstofoxiden, ammoniak, en hun omzettingsproducten kunnen zorgen voor verzuring van bodem en water. Voor deze reeks is naast de al berekende stikstofdepositie (ammoniak en stikstofoxiden) ook de depositie van zwaveldioxide berekend. Deze reeks heeft dezelfde resolutie en uitgangspunten als de reeks stikstofdepositie. De data voor deze reeks staan niet in dit rapport, maar zijn wel als open data beschikbaar (zie paragraaf 3.6).

3.4.2 Berekeningen voor gemiddelde omstandigheden

Het weer van de toekomst is onbekend. Daarom wordt er voor toekomstige jaren gerekend met gemiddelde weersomstandigheden uit het verleden. Er wordt gekalibreerd met het gemiddelde verschil tussen metingen en berekeningen. Op deze manier wordt het structurele verschil tussen metingen en berekeningen gecorrigeerd. Deze gegevens geven dus een beeld van de stikstofdepositie zonder de jaarlijkse fluctuaties door de weersomstandigheden.

Deze methode is toegepast op de emissiegegevens voor de jaren 2020, 2022 en op alle emissieramingen:

- *Achtergrond stikstofdepositie (2022):* de achtergronddepositie geeft op basis van de meest recente emissiecijfers een zo actueel mogelijk beeld van de stikstofdepositie. Omdat de fluctuatie in de depositie door weersinvloeden van jaar tot jaar dominant zijn voor het effect van maatregelen en economische ontwikkeling, wordt de achtergronddepositie bepaald met gemiddelde weersomstandigheden. Deze data worden gebruikt om de voortgang van het beleid in relatie tot de doelen te toetsen. Elk jaar komen er nieuwe cijfers beschikbaar, zodat het jaar waarvoor deze kaart gemaakt wordt telkens een jaar opschuift.
- *Prognoses stikstofdepositie (2025-2040):* de prognoses van de stikstofdepositie zijn opgesteld op basis van emissieramingen.
- *Referentie stikstofdepositie (2020):* om de prognoses te kunnen vergelijken met het verleden is er ook een referentiejaar (2020) berekend met dezelfde gemiddelde weersomstandigheden als het prognosejaar. In komende rapportages blijft het referentiejaar 2020. Wel wordt de referentie opnieuw doorgerekend met dezelfde uitgangspunten als de prognoses, wanneer er nieuwe prognoses worden opgesteld.

3.5 Bepalen overschrijding van de KDW

De depositiekaarten geven samen met gegevens over de gevoeligheid van de habitats voor stikstof in de Natura 2000-gebieden een (ruimtelijk) beeld van de overschrijding van de KDW.

3.5.1 Gegevens over stikstofgevoelige natuur

De gegevens zijn samengesteld uit de individuele habitatkaarten van de Natura 2000-gebieden. Dit kan een kaart zijn van de situatie op het moment dat het natuurgebied was ingesteld (‘T0’), of de meest recente situatie (‘T1’). Als er een T1-kaart beschikbaar is voor een gebied dan wordt deze gebruikt, anders T0.

Niet alle habitats uit een kartering worden meegenomen. Alleen stikstofgevoelige habitattypen waarvoor instandhoudingsdoelen in het gebied zijn vastgesteld, en stikstofgevoelige leefgebiedtypen [4] waar een soort van afhankelijk is, worden meegenomen. De stikstofgevoeligheid wordt bepaald door de KDW zoals beschreven in paragraaf 2.2.

Voor de berekening van de overschrijding van de KDW en het oppervlakte onder de KDW wordt gebruik gemaakt van het gekarteerde oppervlak in de habitatkaarten. Zie Bijlage 2.4 en 2.5 voor een beschrijving van de gebruikte methoden en gegevensbronnen.

Voor dit rapport zijn de prognoses niet opnieuw bepaald. Voor de prognosejaren zijn daarom de onderliggende habitatkaarten ook niet geüpdatet. Het effect op de resultaten is verwaarloosbaar (zie Bijlage 3.1).

3.5.2 Doelbereik omgevingswaarden voor stikstof

Het percentage oppervlak van de stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden met een stikstofdepositie onder de KDW wordt getoetst aan de wettelijke doelstelling (omgevingswaarden) voor stikstof (zie par. 2.4)

3.6 Open data

Dit rapport is op basis van een aantal onderliggende depositiekaarten gemaakt. Deze zijn beschikbaar als open data: https://doi.org/10.21945/15674553-55d5-41ed-ba52-fd8588e73099

Het gaat hierbij om de volgende datasets:

- Achtergrond stikstofdepositie
- Geprognostiseerde reeks stikstofdepositie
- Historische reeks stikstofdepositie en verzurende depositie

De cijfers die bij de figuren uit dit rapport behoren, zijn verkrijgbaar via: https://www.rivm.nl/documenten/dataset-bij-monitor-stikstofdepositie-in-natura-2000-gebieden-2024

[4] Een deel van de beschermde soorten heeft een leefgebied dat (geheel of gedeeltelijk) stikstofgevoelig is. Deze leefgebieden vallen voor een groot deel onder de habitattypen. Daarnaast worden er 14 (aanvullende) stikstofgevoelige leefgebieden onderscheiden: https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/monitoring-en-natuurinformatie/leefgebiedkaarten-natura-2000-en/

4 Ontwikkeling van de stikstofemissies

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkeling in binnenlandse en buitenlandse emissies vanaf 2005, voor zowel ammoniak als voor stikstofoxiden. Ook de belangrijkste ontwikkelingen en verklaringen komen aan de orde. Er zijn geen nieuwe volledige emissieramingen beschikbaar voor Nederland. Daarom zijn de emissieramingen die in dit hoofdstuk beschreven staan dezelfde als in de rapportage 2023, aangevuld met specifiek recente inzichten van stikstofmaatregelen.

4.1 Ontwikkeling van de stikstofemissies in Nederland

Deze paragraaf beschrijft de ontwikkeling per stof. In het vervolg van dit hoofdstuk worden onderliggende oorzaken per sector nader beschreven.

4.1.1 Licht dalende trend van ammoniak

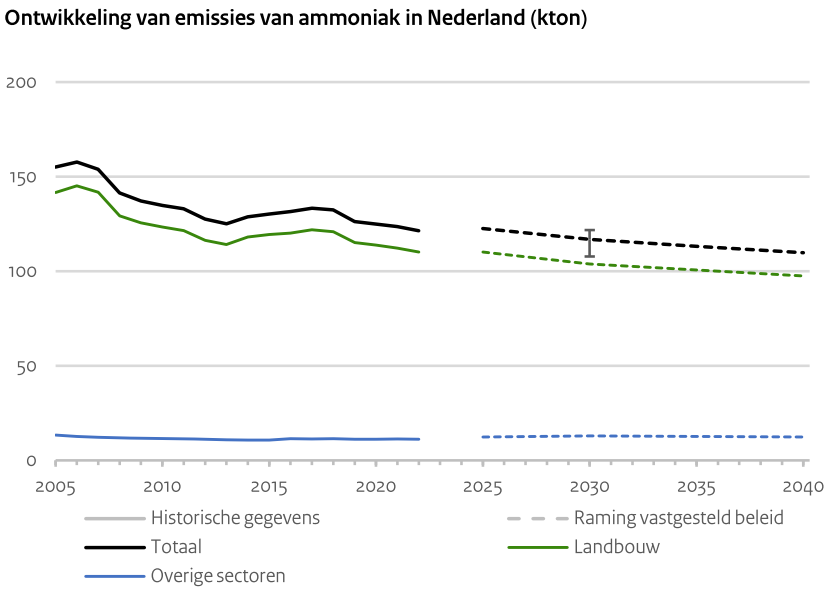
Tussen 2005 en 2022 nam de totale ammoniakemissie met circa 22 procent af (zie Figuur 6 en Tabel 2). De grootste daling in ammoniakemissies vond plaats in de periode voor 2005 (zie RIVM, 2024b). Tussen 2014 en 2018 steeg de ammoniakemissie weer, maar de laatste jaren is er sprake van een lichte daling. Deze trend komt voornamelijk door ontwikkelingen in de landbouwsector, specifiek door enerzijds emissiearme mestaanwending en anderzijds toename van emissie uit rundveestallen (zie paragraaf 4.2 en Figuur 8).

Over de hele periode is het grootste deel van de ammoniakemissie afkomstig uit de landbouw. In 2022 is het aandeel van de landbouw 91 procent (zie Tabel 2). De rest van de ammoniakemissies is afkomstig van huishoudens, mobiliteit, industrie, diensten en bouw.

4.1.2 Dalende trend van emissies van stikstofoxiden in Nederland

De emissie van stikstofoxiden in Nederland nam in de periode 2005-2022 met 41 procent af (Figuur 7 en Tabel 3). Deze dalende trend is al voor 2005 ingezet (RIVM, 2024b). In alle sectoren is de emissie gedaald. De daling was het grootst in de sectoren mobiliteit, industrie en energie. De paragrafen 4.3 en 4.4 gaan hier verder op in.

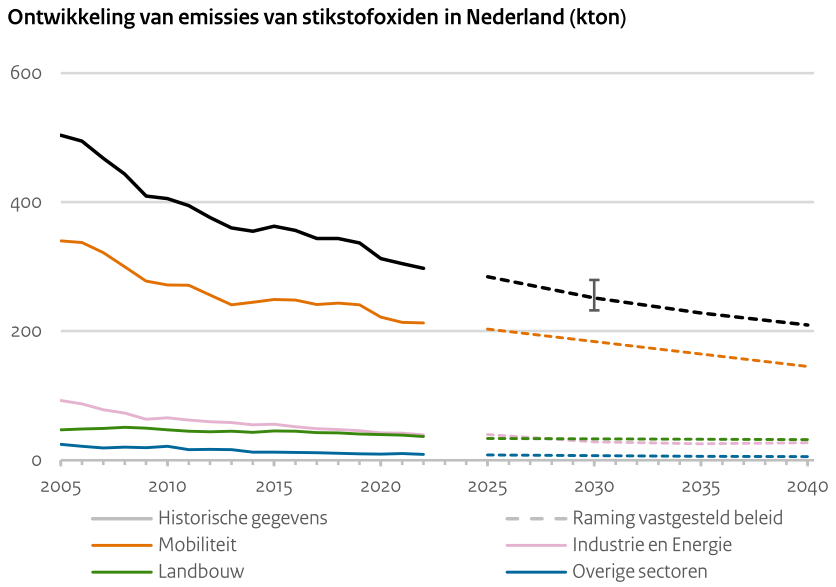
In 2022 werden de meeste stikstofoxiden uitgestoten door de sector mobiliteit (72 procent). De overige emissies zijn afkomstig uit de sectoren landbouw, industrie, energie, huishoudens en diensten en bouw (Tabel 3). Stikstofoxiden uit de landbouw komen voor een groot deel door onvolledige denitrificatie in landbouwbodems.



Figuur 6 Ontwikkeling van de Nederlandse ammoniakemissies naar sector. Voor 2030 is de bandbreedte in de emissieraming weergegeven. Bronnen: Emissieregistratie (RIVM, 2024b) en de Klimaat- en Energieverkenning 2022 (PBL, 2023).

Tabel 2 Ontwikkeling van de Nederlandse ammoniakemissies per sector in kton. Bron: 2005-2022 Emissieregistratie (RIVM, 2024b); 2025-2040 emissieramingen uit de KEV 2022 o.b.v. vastgesteld beleid (PBL, 2023). Het cijfer van 2021 is afkomstig uit de rapportage 2023 en is daarmee consistent met de ramingen.

Sector	2005	2010	2015	2020	2022	2021	2025	2030	2035	2040
Industrie	3,6	3,0	2,5	2,9	2,5	2,8	3,6	4,2	4,3	4,4
Energie	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mobiliteit	5,0	3,7	3,5	3,5	3,8	3,3	3,9	3,7	3,4	2,9
Huishoudens	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3
Diensten en bouw	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Landbouw	141,7	123,5	119,4	113,8	110,2	111,1	110,2	103,9	100,5	97,5
Totaal	155	135	130	125	121	122	123	117	113	110



Figuur 7 Ontwikkeling van de Nederlandse emissies van stikstofoxiden naar sector. De bandbreedte is aangegeven voor de totale emissieraming voor 2030. Onder de groep 'Overige sectoren' vallen huishoudens, diensten en bouw. Bronnen: Emissieregistratie (RIVM, 2024b) en de Klimaat- en Energieverkenning 2022 (PBL, 2023).

Tabel 3 Ontwikkeling van de Nederlandse emissies van stikstofoxiden per sector in kton. Bron: 2005-2022 Emissieregistratie (RIVM, 2024b); 2025-2040 emissieramingen uit de KEV 2022 o.b.v. vastgesteld beleid (PBL, 2023). Het cijfer van 2021 is afkomstig uit de rapportage 2023 en is daarmee consistent met de ramingen.

Sector	2005	2010	2015	2020	2022	2021	2025	2030	2035	2040
Industrie	46,2	38,6	33,2	29,5	27,7	29,1	28,0	23,6	21,9	20,9
Energie	46,1	27,1	22,4	12,6	11,6	13,2	11,6	4,5	3,6	6,1
Mobiliteit	339,9	271,4	249,2	221,8	212,6	217,2	203,4	183,7	164,3	145,3
Huishoudens	17,0	14,5	8,1	6,0	5,9	6,8	5,3	4,3	4,0	3,8
Diensten en bouw	7,5	7,1	4,5	3,1	3,0	3,4	2,6	2,3	2,0	1,8
Landbouw	47,1	46,9	45,4	39,5	36,6	38,8	33,4	32,8	32,2	31,8
Totaal	504	406	363	313	297	308	284	251	228	210

4.1.3 *Verwachte ontwikkeling van de stikstofemissies in Nederland*

Er zijn geen nieuwe emissieramingen beschikbaar. Deze paragraaf is een samenvatting van de rapportage van vorig jaar.

Op basis van vastgesteld beleid blijkt uit de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022 dat de emissies van ammoniak ongeveer 4 procent dalen tussen 2021 en 2030 en 11 procent tussen 2021 en 2040 (zie Tabel 2; PBL, 2023). Het voorgenomen, maar nog niet vastgestelde beleid, heeft weinig effect op het beeld van de verwachte emissieontwikkeling. Deze zijn daarom niet nader beschreven.

De verwachte daling in ammoniakemissies komt vooral door verwachte ontwikkelingen in de landbouwsector. Paragraaf 4.2 gaat verder hierop in.

Ten opzichte van 2021 zullen de emissies van stikstofoxiden verder gaan dalen met 19 procent tussen 2021 en 2030 (Tabel 3) en 32 procent tussen 2021 en 2040. De grootste daling wordt verwacht bij mobiliteit. Paragraaf 4.3 gaat verder hierop in.

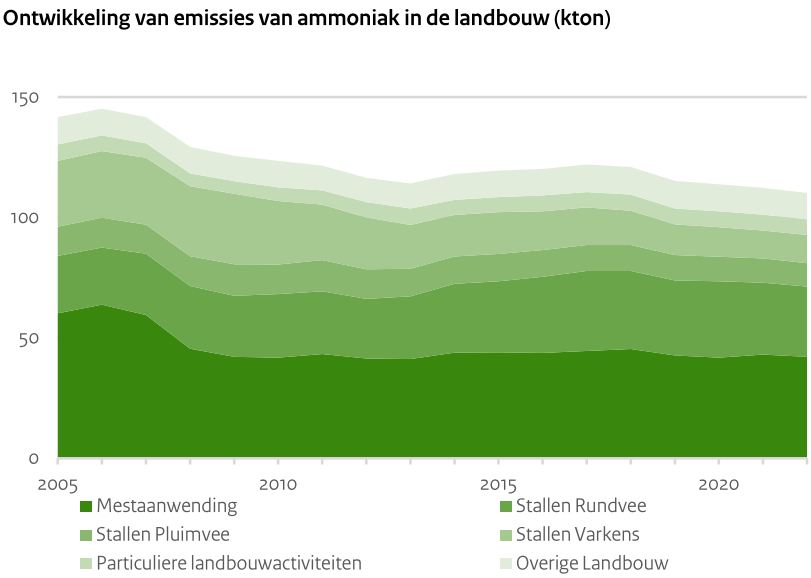
4.2 Stikstofemissies van de landbouwsector

De landbouw levert veruit de grootste bijdrage aan de emissie van ammoniak in Nederland. Daarnaast stoot de landbouw ook stikstofoxiden uit, in recente jaren meer dan de industrie. De emissies van landbouwwerktuigen vallen onder mobiliteit.

4.2.1 Ontwikkeling 2005-2022

Tussen 2005 en 2022 daalde de ammoniakemissies van de landbouw met 22 procent (zie Figuur 5). Tussen 2013 en 2018 zijn de emissies toegenomen. De laatste jaren nemen deze weer iets af. De grootste afname van de ammoniakemissies in de landbouw vond echter plaats voor 2005. Door de verplichting om dierlijke mest emissiearm toe te dienen zijn de emissies door mestaanwending begin jaren ‘90 sterk gedaald. Vanaf 2008 zijn de emissies door mestaanwending niet verder gedaald.

Vanaf 2005 zijn de emissies uit stallen gedaald. Dit komt voornamelijk door de introductie van emissiearme stalsystemen en een afname van het aantal varkens (RIVM, 2024b). Daardoor is met name de emissie uit varkensstallen gedaald. De emissie uit rundveestallen nam door verschillende factoren juist toe. Door de afschaffing van de melkquota in 2015 steeg het aantal dieren en de mestproductie. Door de toegenomen mestproductie werd het nationale plafond voor fosfaatproductie overschreden. Hierop werden in 2018 fosfaatquota ingevoerd, waardoor het aantal dieren en de emissie weer afnam. Daarnaast steeg de melkproductie van het vee. Hierdoor steeg de hoeveelheid en het eiwitgehalte van het voer. Dat leidde weer tot een hogere uitscheiding van stikstof en daarmee een hogere emissie van ammoniak.



Figuur 8 Ontwikkeling van de ammoniakemissies van de landbouwsector in de periode 2005-2022 in 8 deelsectoren. Bron: Emissieregistratie (RIVM, 2024b).

Tabel 4 Ontwikkeling van de ammoniakemissie van de landbouwsector in de periode 2005-2040 in kton. Bron: Emissieregistratie (RIVM, 2024b). Het cijfer van 2021 is afkomstig uit de rapportage 2023 en is daarmee consistent met de ramingen.

Deelsector	2005	2010	2015	2020	2022	2021	2025	2030	2035	2040
Beweiding	2,9	2,1	1,6	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
Mestaanwending	60,2	41,8	43,9	41,8	42,1	42,7	41,8	41,3	41,2	41,1
Mestopslag & mestbewerking	3,0	3,2	4,1	3,8	3,7	3,8	3,7	3,9	4,0	4,0
Particuliere landbouw-activiteiten	6,8	5,7	6,3	6,6	6,5	6,3	6,3	6,4	6,5	6,5
Overige Landbouw	4,1	4,3	3,8	4,4	4,5	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2
Stallen Overig vee	1,4	1,3	1,4	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5
Stallen Pluimvee	12,2	12,3	11,4	10,3	9,8	10,0	9,6	7,9	6,6	5,6
Stallen Rundvee	23,9	26,4	29,6	31,7	29,2	29,6	30,6	29,9	28,5	27,4
Stallen Varkens	27,3	26,4	17,3	12,2	11,6	11,7	11,1	7,4	6,7	6,0
Totaal Landbouw	142	123	119	114	110	111	110	104	101	98

4.2.2 *Verwachte ontwikkelingen van emissies*

Uit het scenario met vastgesteld beleid uit de KEV 2022 volgt dat ten opzichte van 2021 voor de landbouwsector als geheel een afname van ammoniak geraamd wordt van 7 procent in 2030 en 13 procent in 2040 (Tabel 4). Recentere inzichten over opkoopregelingen en vervallen van de derogatie laten een verdere daling zien (Reinds et al., 2024). Deze

zijn geen onderdeel van het scenario uit de KEV 2022 en daarom niet meegenomen in de tabellen en grafieken in dit hoofdstuk.

Door diverse opkoopregelingen daalt naar verwachting de omvang van de veestapel. Dit zijn de Subsidieregeling sanering varkenshouderijen (Srv) en de Maatregel gerichte aankoop en beëindiging veehouderijen (MGA/MGB). Daarnaast zijn er ook de opkoopregelingen Landelijke beëindingingsregeling veehouderijlocaties (Lbv) en de Landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties met piekbelasting (Lbv-plus). Gezamenlijk leiden de regelingen tot een daling van de ammoniakemissies van ongeveer 3,6 kiloton tussen 2021 en 2030. Dat is ongeveer 4 procent van de totale emissie uit landbouw (Reinds et al., 2024).

Daarnaast wordt een daling verwacht door een grotere effectiviteit en groter aandeel van emissiearme stallen door het Besluit Emissiearme Huisvesting en provinciale verordeningen in Noord-Brabant en Limburg.

In de huidige ramingen wordt vanwege de hoge energieprijzen in 2022 ervan uitgegaan dat het kunstmestgebruik met 20 procent zal afnemen en daarmee ook de daaraan gerelateerde emissies (Vonk et al., 2023). Door gestabiliseerde energieprijzen en het vervallen van derogatie is deze aanname inmiddels onzeker.

Vanaf 2026 vervalt de uitzondering (derogatie) voor Nederlandse boeren om onder voorwaarden meer te bemesten dan in de rest van Europa is toegestaan. Als de mestaanwending van landbouwpercelen minder wordt, zal dit leiden tot een daling van de uitstoot van ammoniak. Potentieel kan dit een daling van 18 procent van de aanwendingsemissie zorgen (Groenendijk et al., 2023).

4.3 Stikstofemissies van Mobiliteit

4.3.1 Ontwikkeling 2005-2022

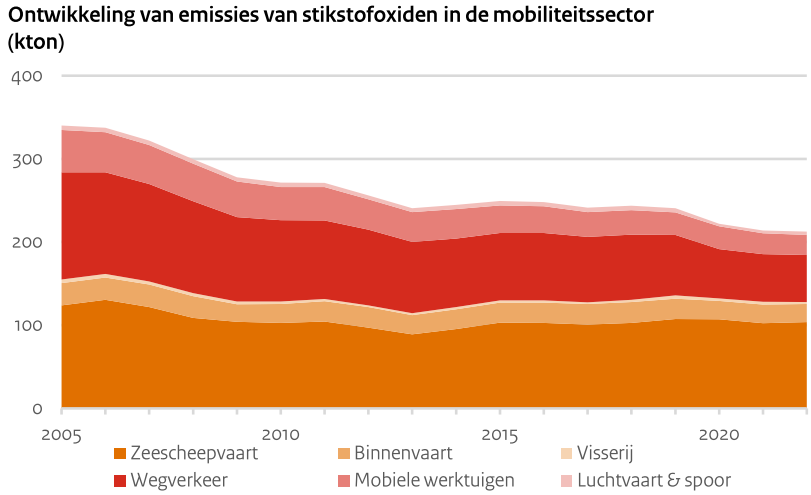
De sector Mobiliteit levert de grootste bijdrage aan de emissies van stikstofoxiden in Nederland. Tussen 2005 en 2022 daalden de emissies van stikstofoxiden uit Mobiliteit met 37 procent. De afgelopen 10 jaar is de daling minder dan daarvoor, en er zijn jaren waarin de uitstoot is gestegen (Figuur 9 en Tabel 5).

De daling komt grotendeels door een daling in de emissie van wegverkeer. Nieuwe voertuigen moeten voldoen aan steeds strengere Europese emissiestandaarden. Tegelijkertijd nam het aantal voertuigen én het aantal gereden kilometers toe. Netto daalde de emissie door wegverkeer tussen 2005 en 2022 met 56 procent. Wel is de daling de laatste 10 jaar minder sterk dan daarvoor.

In 2020 en 2021 was het aantal gereden kilometers door personenauto’s door coronamaatregelen lager dan in de jaren daarvoor.

De emissie van stikstofoxiden door zeescheepvaart daalde sinds 2005 licht met 16 procent. Dit komt door de introductie van brandstofnormen voor zeeschepen. Na 2005 volgen de emissies van scheepvaart de

economische ontwikkelingen. Zo is er een afname tijdens de coronapandemie rond 2020 en een toename tussen 2014 en 2019.



Figuur 9 Ontwikkeling van de stikstofoxidenemissies van de mobiliteitssector in Nederland in de periode 2005-2022 in 6 deelsectoren. Bron: Emissieregistratie (RIVM, 2024b).

Tabel 5 Ontwikkeling van de stikstofoxidenemissies van de mobiliteitssector in Nederland in de periode 2005-2040 in kton in 6 deelsectoren. Bron: Emissieregistratie (RIVM, 2024b); 2025-2040 emissieramingen uit de KEV 2022 o.b.v. vastgesteld beleid (PBL, 2023). Het cijfer van 2021 is afkomstig uit de rapportage 2023 en is daarmee consistent met de ramingen.

Deelsector	2005	2010	2015	2020	2022	2021	2025	2030	2035	2040
Binnenvaart	26,7	22,7	24,3	22,0	21,7	24,1	25,0	24,6	23,1	21,7
Mobiele werktuigen	50,9	39,9	33,2	27,4	24,2	25,9	22,6	20,3	19,0	17,8
Luchtvaart & spoor	5,3	5,3	5,1	3,1	4,2	4,3	5,4	5,9	5,7	5,7
Visserij	4,6	3,2	2,5	3,0	2,5	3,4	2,7	2,7	2,6	2,5
Wegverkeer	128,7	97,6	81,1	59,2	56,4	57,3	52,1	45,3	41,8	38,0
Zee-scheepvaart	123,8	102,6	102,9	107,1	103,6	102,3	95,5	84,9	72,0	59,7
Totaal Mobiliteit	340	271	249	222	213	217	203	184	164	145

4.3.2 *Verwachte ontwikkelingen van emissies*

De emissieraming met vastgesteld beleid uit de KEV 2022 laat zien dat de stikstofoxidenemissies van de sector Mobiliteit tussen 2021 en 2030 afnemen met 15 procent en tussen 2021 en 2040 met 33 procent (zie Tabel 5). Het wagenpark zal in de komende jaren verder elektrificeren. Bestaande benzineauto's en vrachtwagens zullen echter vervuilender worden. Dit komt doordat driewegkatalysatoren, bedoeld om de emissies van stikstofoxiden te beperken, bij hoge kilometerstanden aanzienlijk minder goed werken. Bij zeescheepvaart is de verwachting

dat de introductie van schonere scheepsmotoren en strengere emissienormen op de Noordzee leidt tot een afname in emissies. In de binnenvaart zijn de emissieramingen voor stikstofoxiden in 2030 vrijwel gelijk aan die van 2021. Emissiebeperkende maatregelen worden teniet gedaan door verwachte hogere vervoersvolumes door de voorgenomen invoering van de vrachtautoheffing in 2026. Emissies van mobiele werktuigen zullen ook verder dalen door strengere Europese emissiewetgeving en elektrificering.

Reinds et al. (2024) brengt de verwachte effecten van individuele stikstofmaatregelen in beeld. Voor mobiliteit gaat het om de volgende maatregelen: de Subsidieregeling binnenvaart, Handhaving AdBlue-systemen vrachtwagen, de Subsidieregeling walstroom, het Pakket maatregelen Bouw en de Verlaging van de maximumsnelheid. Al deze maatregelen zaten (gedeeltelijk) in de KEV 2022. De maatregelen voor de mobiliteit leiden er gezamenlijk toe dat de emissie van stikstofoxiden daalt met 4 tot 10 kiloton tussen 2021 en 2030, ongeveer 2 tot 5 procent van het totaal.

4.4 Stikstofemissies van de sectoren Industrie en Energie

4.4.1 Ontwikkeling 2005-2022

Sinds 2005 namen de emissies van stikstofoxiden in de sectoren Industrie en Energie af met 57 procent (Figuur 7). Een dalende trend die al sinds 1990 gaande is. Ondanks dat het energieverbruik vrijwel constant is gebleven, zorgden een verandering in type brandstof (van steenkool naar gas en duurzame energie) en technologische verbeteringen bij energiecentrales voor een afname van emissies.

4.4.2 Verwachte ontwikkelingen van emissies

Op basis van vastgesteld beleid blijkt uit de KEV 2022 dat de emissies van stikstofoxiden van de industrie- en energiesector tussen 2021 en 2030 dalen met 33 procent en tussen 2021 en 2040 met 36 procent (Tabel 3). De daling is met name het gevolg van een dalend energiegebruik in de industrie en bestaande emissieregelgeving in het lucht- en klimaatbeleid voor de industrie. Bij de energiesector wordt verwacht dat de emissies dalen door een toename in wind- en zonne-energie en een daling van het gebruik van fossiele brandstoffen.
Niet overal dalen de emissies van stikstofoxiden. Zo stijgen bijvoorbeeld de emissies in 2030 voor afvalverwerking. Er wordt namelijk verwacht dat er meer biomassa in stookinstallaties zal worden verbrand. Hierdoor nemen naar verwachting ook de ammoniakemissies van de industrie toe.

Reinds et al. (2024) brengt de effecten van de volgende stikstofmaatregelen voor de industrie in beeld: de Verkenning aanpassing huidige BBT-aanpak, de Maatwerkaanpak Industrie (VEKI 2022) en de Subsidiestop ISDE-KA. Deze maatregelen waren al opgenomen in de KEV 2022. Het effect van deze maatregelen gezamenlijk is naar verwachting een afname in de emissie van 0,5 tot 2,8 kiloton voor stikstofoxiden tussen 2021 en 2030.

4.5 Stikstofemissies van Huishoudens, Diensten en Bouw

De emissies van stikstofoxiden uit de sectoren Huishoudens, Diensten en Bouw daalden gezamenlijk tussen 2005 en 2022 met 63 procent (Tabel 3). Dit kwam met name door afnemend gasverbruik bij huishoudens en diensten en doordat verbrandingsinstallaties in het algemeen schoner werden.

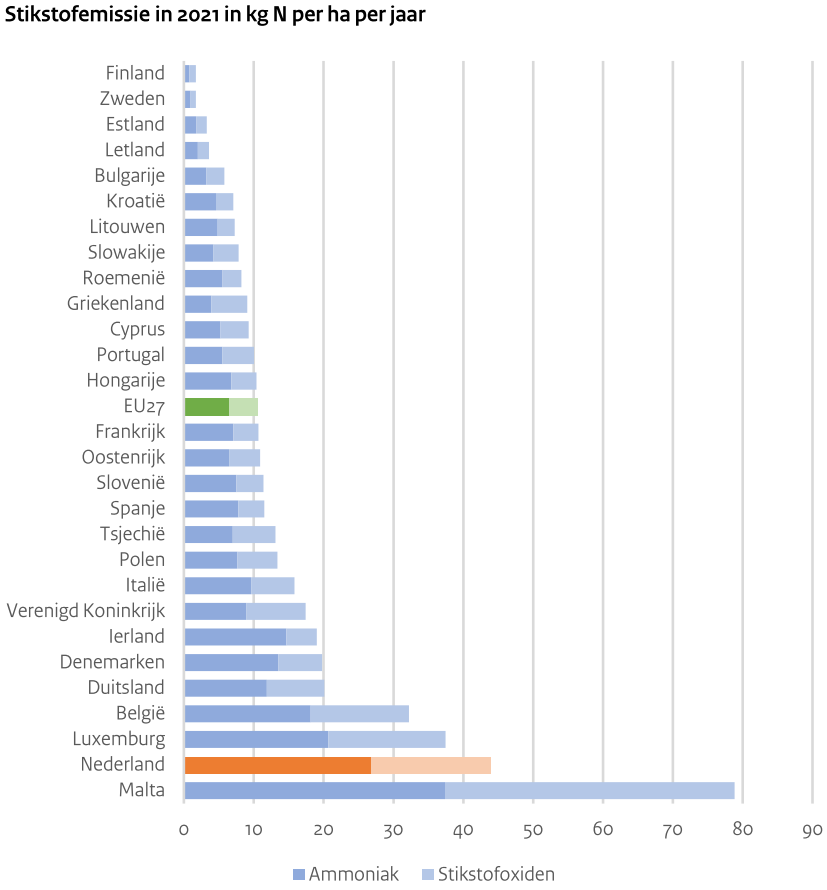
Naar verwachting zullen de emissies van stikstofoxiden uit deze sectoren tussen 2021 en 2030 met nog eens 31 procent afnemen door minder gasverbruik (klimaatbeleid) en schonere installaties (bestaande emissieregelgeving).

4.6 Buitenlandse ontwikkeling van de stikstofemissies

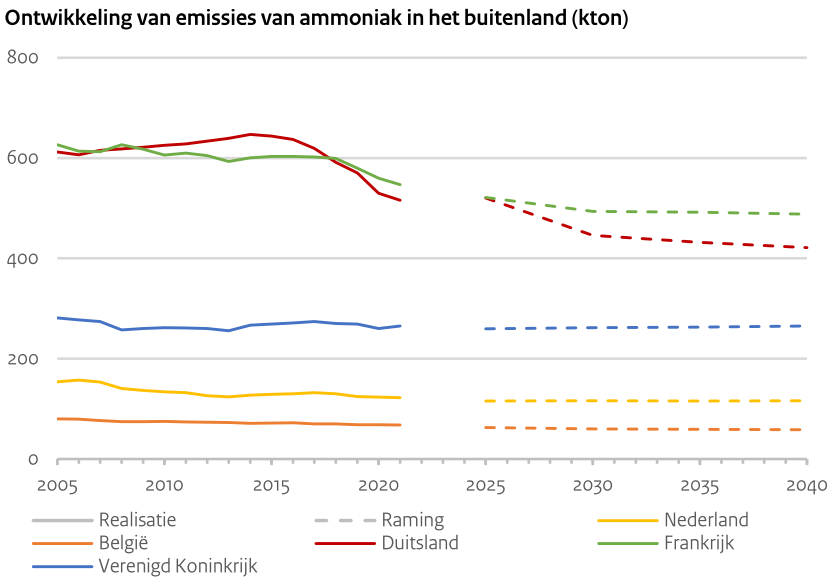
Een groot deel (gemiddeld 34 procent) van de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden in Nederland komt uit het buitenland (zie hoofdstuk 5). Landen nabij Nederland en Nederland zelf hebben een hoge emissie per oppervlak (Figuur 10). Gemiddeld is de emissie in de EU-landen in 2021 ongeveer 10 kilogram stikstof per hectare per jaar. In Nederland is dat ruim 4 keer zoveel. In Duitsland en het Verenigd Koninkrijk is dat (bijna) 2 keer zoveel en in België 3 keer zoveel. De buitenlandse emissies van deze landen dragen daarom niet alleen vanwege de nabijheid veel bij aan de depositie in Nederland, maar ook vanwege hun relatieve hoge uitstoot. Deze paragraaf richt zich verder op de ontwikkeling van stikstofemissies in België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk.

Emissies van ammoniak
De emissies van ammoniak in België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk komen voor het overgrote deel ook uit de landbouw. In Frankrijk en Duitsland zijn deze emissies in de periode 2005-2021 afgenomen. In België en het Verenigd Koninkrijk bleef de emissie stabiel (Figuur 11 en Tabel 6; CEIP, 2023). De verwachting is dat in 2025 en 2030 de emissies verder dalen, met name in Duitsland (Tabel 6, Amann et al., 2021 & IIASA, 2023). Vanaf 2030 stagneert de emissiedaling van ammoniak.

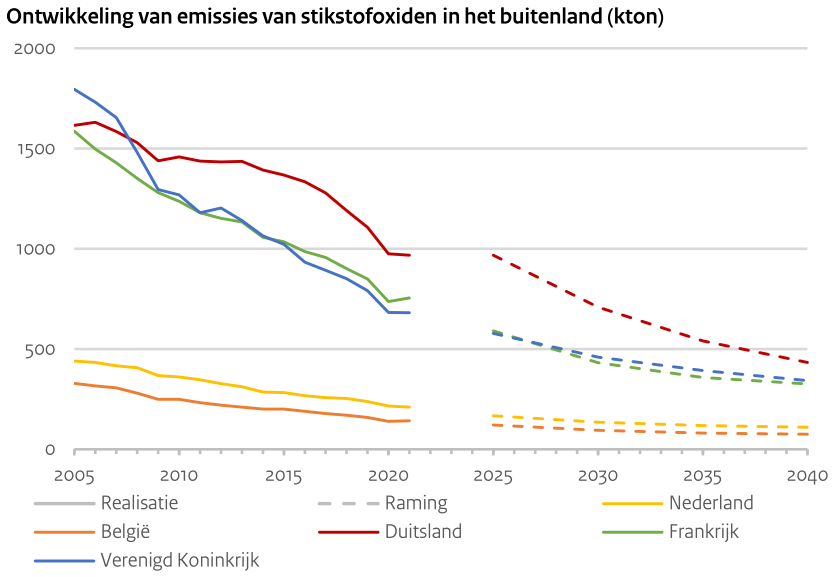
Emissies van stikstofoxiden
De emissies van stikstofoxiden in België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk komen vooral uit de industrie en uit verkeer en transport. De emissies zijn in de periode 2005-2021 sterk gedaald (Figuur 12 en Tabel 7). De verwachting is dat in 2025 en 2030 de emissies in deze landen verder gaat dalen (IIASA, 2023). Anders dan ammoniak dalen de emissies van stikstofoxiden ook na 2030.



Figuur 10 Stikstofemissie in 2021 in kg N per hectare per jaar voor alle 27 EU-landen en het Verenigd Koninkrijk. Bron: CEIP en Eurostat.



Figuur 11 Ontwikkeling van de ammoniakemissies in België, Duitsland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk en Nederland. Bronnen: WebDab (CEIP, 2023), NAPCP scenario van de Second Clean Air Outlook (IIASA, 2023).



Figuur 12 Ontwikkeling van de emissies van stikstofoxiden van België, Duitsland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk en Nederland. Bronnen: WebDab (CEIP, 2023), NAPCP scenario van de Second Clean Air Outlook (IIASA, 2023).

Tabel 6 Ontwikkeling van de ammoniakemissies in België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk in kton. Bron: 2005-2021 WebDab (CEIP, 2023); 2025-2040 Second Clean Air Outlook (IIASA, 2023).

Land	2005	2010	2015	2020	2021	2025	2030	2035	2040
België	80	75	72	68	68	63	60	59	58
Frankrijk	627	606	603	560	547	521	494	492	488
Duitsland	612	625	644	530	516	520	446	432	421
Verenigd Koninkrijk	281	262	269	260	265	260	262	263	265

Tabel 7 Ontwikkeling van de emissies van stikstofoxiden in België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk in kton. Bron: 2005-2021 WebDab (CEIP, 2023); 2025-2040 Second Clean Air Outlook (IIASA, 2023)

Land	2005	2010	2015	2020	2021	2025	2030	2035	2040
België	329	250	201	139	142	120	94	81	75
Frankrijk	1587	1236	1035	737	756	591	431	358	326
Duitsland	1616	1459	1368	976	969	708	541	433	383
Verenigd Koninkrijk	1795	1269	1022	683	682	578	459	393	342

4.6.1 *België: ontwikkelingen van de stikstofemissies*

Tussen 2005 en 2021 namen de ammoniakemissies in België met 15 procent af naar 68 kiloton (Tabel 6). De emissies van stikstofoxiden namen met 57 procent af naar 142 kiloton (Tabel 7).

De afname in ammoniakemissie wordt voor een groot deel veroorzaakt door verschillende Vlaamse mestdecreten (vanaf 1991). Hierdoor is de mestaanwending en veestapel kleiner geworden. In Wallonië komt de daling van de ammoniakemissies vooral door een kleinere veestapel en de vermindering van kunstmestgebruik. De vermindering in gebruik van kunstmest is verbonden aan de Nitraatrichtlijn (EG 91/676) en een beheerprogramma voor duurzame stikstof (VMM, 2023).

De daling in stikstofoxide komt vooral door het wegverkeer en de energiesector. Dit is het resultaat van een overgang naar minder vervuilende brandstoffen (gas in plaats van steenkool), technologische maatregelen in de industrie en de toename van katalysatoren bij wegverkeer (VMM, 2023).

De verwachting is dat de emissies in België in de toekomst verder dalen tot 60 kiloton ammoniak, en 94 kiloton stikstofoxiden in 2030.

4.6.2 *Duitsland: ontwikkelingen van de stikstofemissies*

Tussen 2005 en 2021 namen de ammoniakemissies in Duitsland met 16 procent af naar 516 kiloton (Tabel 6). De emissies van stikstofoxiden namen tussen 2005 en 2021 met 40 procent af tot 969 kiloton (Tabel 7).

Tussen 2005 en 2015 stegen de ammoniakemissies licht door de toename van vergisting van biomassa voor energieproductie. De afname van de ammoniakemissies vanaf 2015 komt door een afname in het

gebruik van kunstmest en strengere regulaties voor het gebruik van ureummeststoffen (Umwelt Bundesamt, 2023).

De daling van stikstofoxide komt met name door schonere brandstoffen. Ook leidde striktere wetgeving tot technische verbeteringen bij het wegverkeer (Umwelt Bundesamt, 2023).

De verwachting is dat de emissies in Duitsland in de toekomst verder dalen tot 446 kiloton ammoniak en 541 kiloton stikstofoxiden in 2030 (IIASA, 2023).

4.6.3 *Frankrijk: ontwikkelingen van de stikstofemissies*

Tussen 2005 en 2021 namen de ammoniakemissies in Frankrijk met 13 procent af tot 547 kiloton (Tabel 6). De emissies van stikstofoxiden namen tussen 2005 en 2021 met 52 procent af tot 756 kiloton (Tabel 7).

De daling van ammoniakemissies komt door de inkrimping van de veestapel, een vermindering in het gebruik van kunstmest, de afname van de hoeveelheid mestaanwending en de ontwikkeling van emissiereducerende maatregelen (CITEPA, 2023a).

De daling van stikstofoxidenemissies wordt met name veroorzaakt door de implementatie van behandelingssystemen in industrie en verbrandingsinstallaties, toename in gebruik van stikstofoxide-reducerende katalysatoren bij wegverkeer, de opkomst van nucleaire en hernieuwbare energie en een verhoogde efficiëntie van brandstofgebruik bij de industrie (CITEPA, 2023a).

De verwachting is dat emissies in Frankrijk in de toekomst verder dalen tot 494 kiloton ammoniak en 431 kiloton stikstofoxiden in 2030 (IIASA, 2023).

4.6.4 *Verenigd Koninkrijk: ontwikkelingen van de stikstofemissies*

Tussen 2005 en 2021 namen de ammoniakemissies in het Verenigd Koninkrijk met 6 procent af tot 265 kiloton (Tabel 6). De stikstofoxidenemissies namen met 62 procent af tot 682 kiloton (Tabel 7).

Tot 2008 zijn de ammoniakemissies sterker gedaald door wetgeving die het mestgebruik inperkte. Sindsdien zijn de ammoniakemissies grofweg gelijk gebleven. Een meer recente ontwikkeling is de toename in het gebruik van vergiste biomassa (digestaat) uit anaerobe vergisting op landbouwgrond. Deze emissies waren weinig voor 2005, maar namen sindsdien toe en droegen in 2019 voor 6 procent bij aan de emissies van ammoniak (Ricardo Energy & Environment, 2022).

Voor het wegverkeer zijn de emissies gedaald door de aanscherping van de Europese emissiestandaarden en technologische innovaties rondom NO_x-katalysatoren in dieselauto's (Ricardo Energy & Environment, 2022). Daarnaast komt een deel doordat er minder steenkool wordt gebruikt in energiecentrales.

De verwachting is dat de ammoniakemissies in het Verenigd Koninkrijk in de toekomst vrijwel constant blijven met 262 kiloton in 2030 en dat de emissies van stikstofoxiden verder dalen tot 459 kiloton (IIASA, 2023).

4.7 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport

De emissiegegevens worden elk jaar geactualiseerd. Naast het toevoegen van een extra jaar in de reeks, worden nieuwe inzichten ook doorgevoerd voor alle jaren in de reeks. Voor de Nederlandse emissiegegevens wordt dit gedaan door de Emissieregistratie (RIVM, 2024b). De emissie van ammoniak is in de nieuwe reeks iets hoger (ca. 1 procent). Voor stikstofoxiden is de emissie in de hele reeks lager (ca. 1 procent). Daarnaast zijn er wijzigingen geweest in de indelingen van de sectoren, waardoor een de emissies van *particuliere landbouwhuisdieren* en *mestafzet op natuurterreinen en bij particulieren* nu vallen onder landbouw in plaats van huishoudens.

Ook de buitenlandse emissies zijn bijgesteld. Voor België, Frankrijk, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk zijn de verschillen over het algemeen klein (een paar procent, afhankelijk van het jaar). Alleen de emissies van stikstofoxiden in Frankrijk zijn tussen de 5 en 12 procent hoger dan in de rapportage van vorig jaar.

In Bijlage 3 wordt een nadere toelichting gegeven over de wijzigingen ten opzichte van het vorige rapport. De emissieramingen zijn onveranderd, omdat er geen nieuwe ramingen beschikbaar zijn.

5 Stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkeling van de stikstofdepositie in stikstofgevoelige natuur binnen de Natura 2000-gebieden vanaf 2005. Het gaat ook in op de belangrijkste ontwikkelingen en factoren.

5.1 Ontwikkeling van de stikstofdepositie

De gemiddelde stikstofdepositie in de stikstofgevoelige natuur in Nederlandse Natura 2000-gebieden is circa 1425 mol stikstof per hectare, met een bandbreedte[5] van circa 1000 tot 1855 (zie Figuur 13 en Tabel 8). Dit cijfer is berekend voor de uitstoot in 2022 op basis van gemiddelde weersomstandigheden.

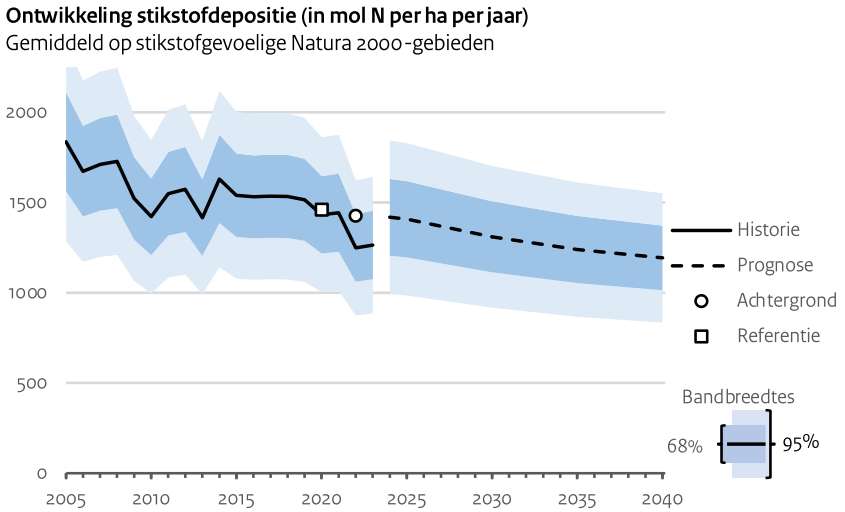
Tussen 2005 en 2022 nam de stikstofdepositie met circa 20 procent (circa 410 mol/ha/jaar) af (2022 op basis van gemiddelde weersomstandigheden). Deze daling is het gevolg van lagere emissies van zowel stikstofoxiden als van ammoniak in Nederland en het buitenland over deze gehele periode. Vanaf 2010 zwakt de daling af. Dit komt vooral doordat de ammoniakdepositie tussen 2010 en 2020 licht toenam (zie Figuur 14). De verklaring hiervoor is dat de emissies van ammoniak de laatste tien jaar minder snel dalen dan daarvoor en in sommige jaren is gestegen (zie paragraaf 4.1). Daarbij speelt ook mee dat de verbeterde luchtkwaliteit ervoor zorgt dat er meer ammoniak neerslaat bij een gelijke hoeveelheid uitstoot (zie paragraaf 5.1.2). De emissie en depositie van stikstofoxiden daalden wel vanaf 2010.

In 2023 was de depositie met circa 15 mol/ha/jaar iets hoger dan in 2022. Omdat er in 2023 meer regen viel was de natte depositie hoger dan in 2022 en de droge depositie lager.

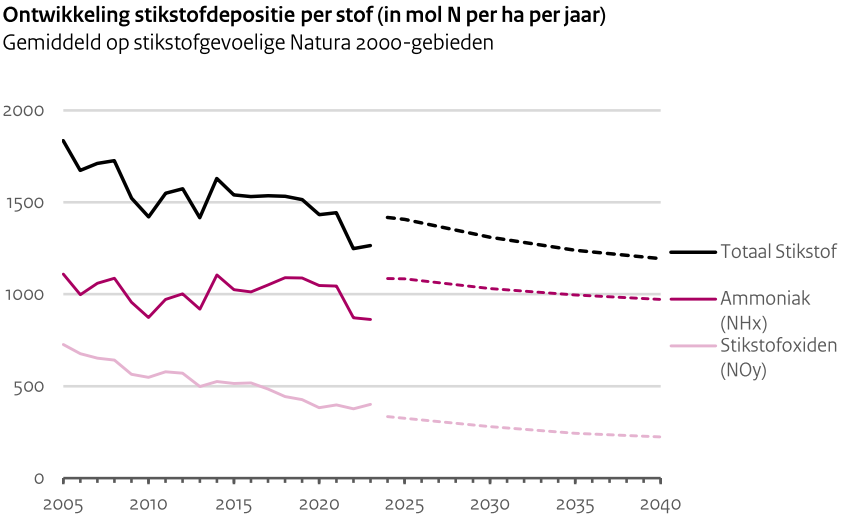
5.1.1 Variatie van jaar tot jaar

De totale depositie varieert van jaar tot jaar door meteorologische omstandigheden. De ordegrootte hiervan is ongeveer 10 procent. Daarom presenteren we naast de voor gepasseerde jaren ook een berekening op basis van gemiddelde weersomstandigheden (referentie en achtergrond in Figuur 13). De referentie wordt gebruikt om ontwikkelingen in de prognosekaarten mee te vergelijken en is daarom net als de prognoses ook met gemiddelde weersomstandigheden berekend. De achtergrond geeft een goed beeld van de huidige situatie zonder fluctuaties door het weer. Deze wordt gebruikt om de voortgang in relatie tot doelen in beeld te brengen.

[5] De onzekerheid in de berekening van de stikstofdepositie is plus of min 30 procent van het landelijk gemiddelde. Er is 95 procent kans dat de werkelijke depositie hier binnen valt. Zie verder paragraaf 7.1.



Figuur 13 Ontwikkeling van de gemiddelde stikstofdepositie voor stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden vanaf 2005. Historie is berekend met weersomstandigheden van het betreffende jaar waardoor er variatie van jaar tot jaar is. Prognoses, Referentie en Achtergrond betreft een berekening met gemiddelde weersomstandigheden. De prognoses zijn niet opnieuw berekend en dezelfde cijfers als in het vorige rapport. Uitleg van bandbreedtes is beschreven paragraaf 7.1.



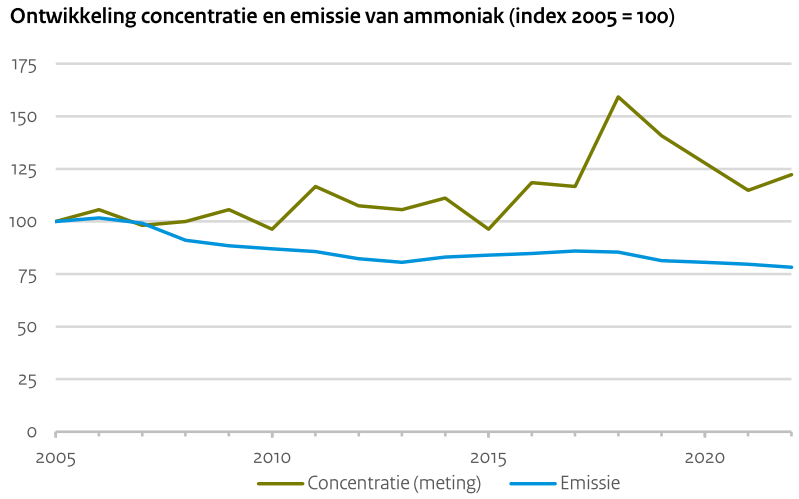
Figuur 14 Ontwikkeling van de gemiddelde stikstofdepositie voor stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden uitgesplitst naar ammoniak en stikstofoxiden.

5.1.2 *Effect van veranderende chemische samenstelling van de lucht*

De depositie (Figuur 14) en de gemeten concentratie (Figuur 15) van ammoniak namen voor het grootste deel van de periode na 2010 toe, terwijl de emissies niet stegen. Dit komt omdat de ammoniakconcentratie en -depositie worden beïnvloed door andere

stoffen in de atmosfeer, zoals zwavel- en stikstofdioxiden. Ammoniak vormt met zwavel- en stikstofdioxide ammoniakzouten (secundair fijnstof) in de lucht. Er zijn steeds minder zwavel- en stikstofdioxiden in de lucht aanwezig. Daardoor wordt er steeds minder ammoniak omgezet in ammoniakzouten. Zo blijft er meer ammoniak in de lucht, die vervolgens sneller neerslaat dan de ammoniakzouten (RIVM, 2018). Hierdoor is het dus mogelijk dat de ammoniakconcentraties en de -depositie over een langere periode toenemen, terwijl de ammoniakemissies gelijk blijven. De ammoniakzouten nemen juist sneller af dan de ammoniakemissies. Dit fenomeen is ook in het Verenigd Koninkrijk en in Zwitserland waargenomen (Tang et al., 2018; Grange et al., 2023). De chemische omzetting van ammoniak is een proces waarmee rekening wordt gehouden in de modellering. In de prognose van de stikstofdepositie wordt dan ook rekening gehouden met eventuele andere chemische samenstelling van de atmosfeer in de toekomst.

Voor stikstofoxiden geldt dat de ontwikkeling in emissies, gemeten concentratie en depositie min of meer eenzelfde (dalende) trend volgen (RIVM, 2024c).



Figuur 15 Relatie ontwikkelingen emissies en gemeten concentratie van ammoniak in de lucht (op basis van CLO-indicator 81). Sinds 2005 daalde de emissie van ammoniak, maar namen de gemeten concentraties in de lucht, over een langere periode, niet af.

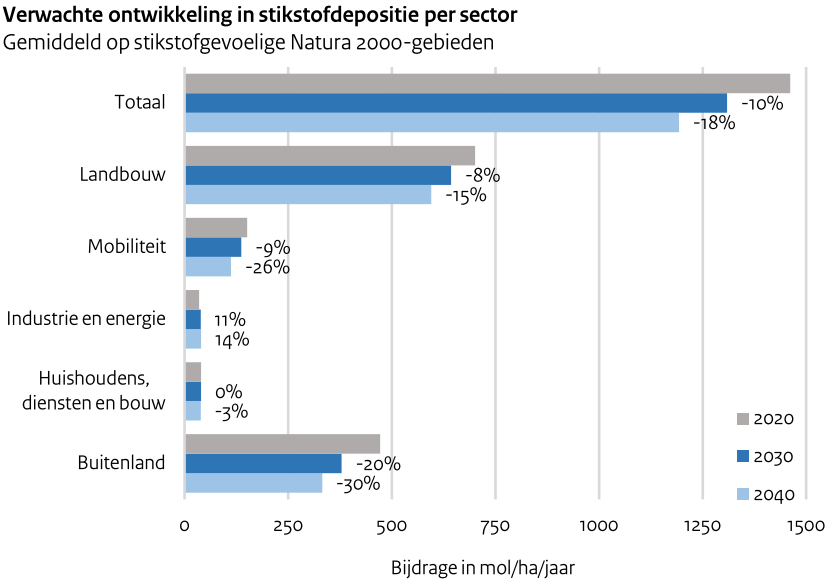
5.2 Verwachte ontwikkeling van de stikstofdepositie

De prognoses (en referentie) zijn niet opnieuw berekend, omdat er geen nieuwe emissieramingen beschikbaar zijn. Onderstaande is een samenvatting van de rapportage vorig jaar.

De verwachting is dat de stikstofdepositie verder daalt met gemiddeld circa 55 mol/ha/jaar (4 procent) tussen 2020 en 2025 en ongeveer 150 mol/ha/jaar (10 procent) tussen 2020 en 2030 (Figuur 16, Tabel 8). Deze prognoses gaan uit van emissieramingen van het scenario met

vastgesteld beleid uit de KEV 2022. Deze daling komt door de verwachte dalingen in stikstofuitstoot door de landbouw en de verkeers- en vervoerssector in Nederland en in het buitenland. Vooral de verwachte toename en effectiviteit van emissiearme stallen en krimp van de veestapel dragen voor de landbouw daaraan bij. Voor verkeer en vervoer komt dit door strengere emissiewetgeving en een toename van elektrische voer-, vaar- en werktuigen. De prognose na 2030 laat een iets kleinere daling van stikstofdepositie zien.

Voor 2035 en 2040 wordt verwacht dat de gemiddelde stikstofdepositie daalt met respectievelijk circa 220 en 270 mol/ha/jaar ten opzichte van 2020 (15 en 18 procent). Daarmee vlakt de dalende trend in depositie af na 2030.



Figuur 16 Verwachte ontwikkeling in stikstofdepositie, uitgesplitst per sector, gemiddeld op stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden. De percentages geven de procentuele ontwikkeling binnen de categorie weer ten opzichte van 2020.

De emissieraming kent een bandbreedte van circa plus of min 5 procent op basis van de onzekerheid in economische ontwikkeling, de mate waarin het geformuleerde beleid wordt uitgevoerd en gehandhaafd, en de ingeschatte effecten van het beleid. Voor meer informatie over wat deze onzekerheid betekent, zie paragraaf 7.1.2.

Tabel 8 Stikstofdepositie op stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden in Nederland, uitgesplitst naar bijdragen per sector en landen uitgedrukt in mol/ha/jaar. De bijdragen zijn berekend met gemiddelde weersomstandigheden. [1]De prognoses (2025, 2030, 2035 en 2040) en referentie (2020) zijn niet opnieuw berekend en dezelfde cijfers als in het vorige rapport. Door wijzigingen in onderliggende emissiereeksen zijn deze cijfers niet goed met het meest recente jaar (2022) te vergelijken.

Stikstofdepositie	**2022**	**2020[1]**	**2025[1]**	**2030[1]**	**2035[1]**	**2040[1]**
Nederland						
Landbouw	670	701	679	643	615	595
Mobiliteit	148	151	145	137	125	112
Industrie en energie	31	35	39	39	38	40
Huishoudens, diensten en bouw	40	40	40	40	39	39
Totaal Nederland	**889**	**926**	**904**	**859**	**816**	**785**
Buitenland						
België	116	114	109	100	94	92
Duitsland	168	180	166	141	130	125
Frankrijk	61	60	54	46	42	40
Verenigd Koninkrijk	54	55	50	44	40	37
Overige landen	63	63	55	48	42	39
Totaal Buitenland	**462**	**472**	**435**	**379**	**348**	**332**
Kalibratie	76	63	68	72	75	76
Totaal [bandbreedte]	**1427**	**1461**	**1407**	**1309** [1229-1371]	**1239**	**1193**

5.3 Bijdrage aan de stikstofdepositie

5.3.1 Bijdrage ammoniak en stikstofoxiden

De uitstoot van ammoniak levert de laatste jaren met circa 70 procent de grootste bijdrage aan de stikstofdepositie in stikstofgevoelige natuur in Nederlandse Natura 2000-gebieden (Figuur 14). De ammoniak is afkomstig uit zowel binnen- als buitenland. De overige 30 procent wordt veroorzaakt door de emissies van stikstofoxiden.

Belangrijke factoren waardoor ammoniak zo bepalend is voor de stikstofdepositie zijn:

- Ammoniak lost in vergelijking met stikstofoxiden gemakkelijk op in water waardoor ammoniak sneller neerslaat (o.a. op natte vegetatie);
- Ammoniakbronnen liggen over het algemeen dichter bij natuurgebieden dan bronnen van stikstofoxiden. Bronnen dichter bij natuurgebieden dragen over het algemeen meer bij aan de depositie in de natuurgebieden dan bronnen verder weg.
- Ammoniak (vaak stal- en veldemissies) wordt relatief laag in de lucht uitgestoten, terwijl een deel van de stikstofoxiden op grotere hoogtes uit schoorstenen komt. Stoffen die laag bij de grond worden uitgestoten kunnen al relatief dicht bij de bron neerslaan, terwijl stoffen die op grotere hoogte worden uitgestoten al meer verdund zijn, voordat ze de grond bereiken.
- Een kilogram ammoniak bevat een grotere hoeveelheid stikstof dan stikstofoxiden. Dat komt door het verschil in molecuulgewicht tussen ammoniak en stikstofoxiden.

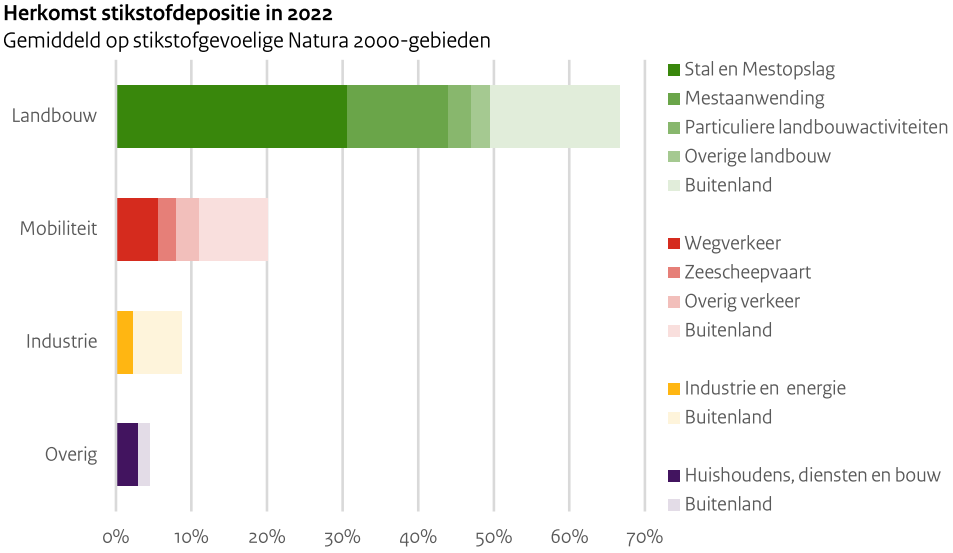
Ondanks het feit dat de hoeveelheid emissies van ammoniak in gewicht lager zijn dan die van stikstofoxiden (zie hoofdstuk 4), verklaren bovengenoemde factoren dat depositie door ammoniak hoger is dan depositie van stikstofoxiden.

5.3.2 *Bijdrage van sectoren*

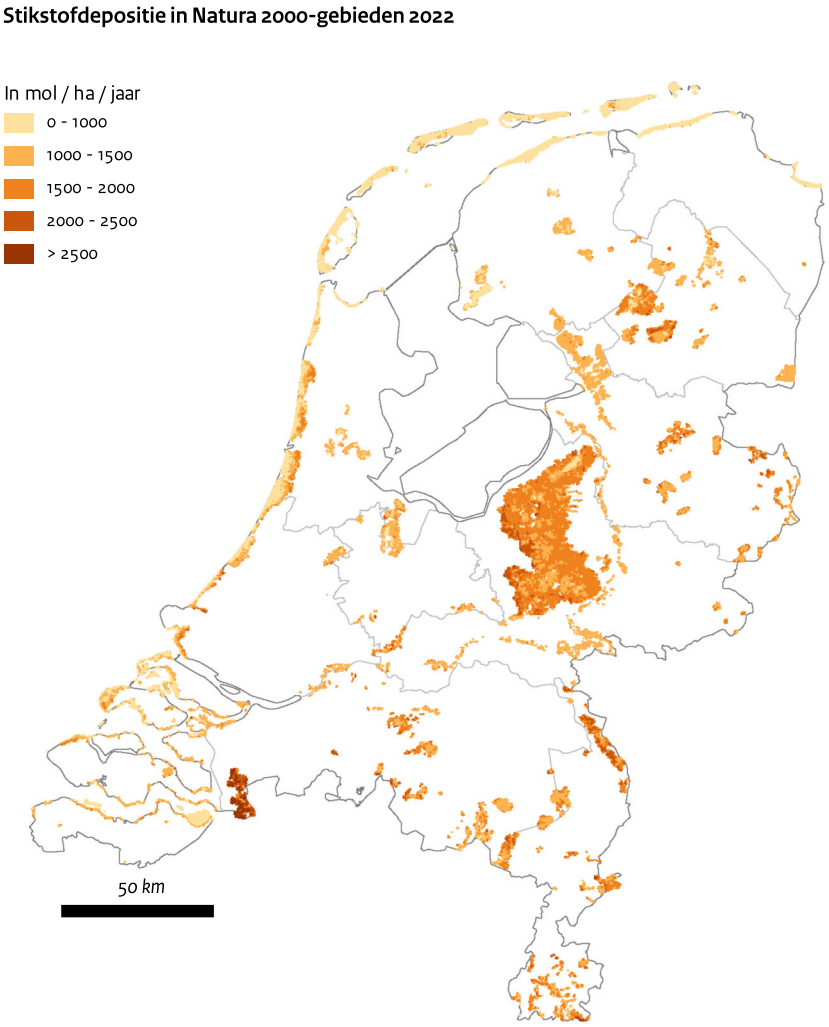
De bijdragen van sectoren aan de stikstofdepositie op stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in Nederland staan in Figuur 17 en Tabel 8. Twee derde van de depositie is afkomstig van Nederlandse bronnen. De depositie uit het buitenland komt voor het grootste deel uit Duitsland (12 procent van de totale stikstofdepositie in Nederland). Daarna volgen België (9 procent), Frankrijk (5 procent), het Verenigd Koninkrijk (4 procent) en overige landen (5 procent).

Als we kijken naar sectoren dan levert de landbouw met 67 procent de grootste bijdrage. 50 procent van de depositie is afkomstig van Nederlandse landbouw en 17 procent uit landbouw in het buitenland. De bijdragen van andere sectoren zijn kleiner, zoals mobiliteit (20 procent, waarvan ongeveer de helft uit Nederland), de industrie en energie (9 procent, waarvan het grootste deel uit het buitenland) en overige sectoren (5 procent).

Binnen de Nederlandse landbouw komt de grootste bijdrage aan de stikstofdepositie door emissies uit stallen en mestopslag (30 procent). De rest van de depositie komt uit mestaanwending (13 procent), particuliere landbouwactiviteiten (3 procent) of overige landbouwbronnen (3 procent) zoals beweiding of de glastuinbouw.



Figuur 17 Sectorale verdeling van de stikstofdepositie in 2022 (berekend met gemiddelde weersomstandigheden) op stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in Nederland. Bij deze sectorale verdeling is de kalibratie buiten beschouwing gelaten, omdat deze niet aan een bron of sector is toe te kennen.



Figuur 18 Geografische verdeling van de stikstofdepositie in stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in Nederland voor 2022 (berekend met gemiddelde weersomstandigheden).

5.4 Geografische verdeling van de stikstofdepositie

Regionaal komen grote verschillen voor in de stikstofdepositie (Figuur 18). Dit komt door een aantal factoren. De belangrijkste factoren zijn:

- De locatie van de emissiebronnen. Hoe dichter een bron bij een natuurgebied ligt, des te hoger de depositie door die bron.
- De dominante windrichting (zuidwestenwind in Nederland). Bronnen die ten zuidwesten liggen van een natuurgebied dragen over het algemeen meer bij aan de depositie dan bronnen die ten noordoosten liggen van een natuurgebied. Op de Veluwe leidt bijvoorbeeld de ammoniakuitstoot in de Gelderse Vallei tot een relatief hoge depositie.

- Terreinkenmerken. In bosrijke gebieden slaat meer stikstof neer dan in gebieden met weinig begroeiing, zoals grasland of open duingebieden.

5.5 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport

Ten opzichte van de rapportage van vorig jaar is de berekende depositie voor de periode 2005-2021 vergelijkbaar: over deze periode zijn de berekende gemiddelde deposities 0 tot 25 mol/ha/jaar (0 tot 2 procent) hoger dan vorig jaar. De belangrijkste oorzaak voor de verschillen met vorig jaar zijn actualisaties van emissiegegevens en de chemische conversie in het model. Hierdoor liggen de berekende waarden dichter bij de metingen.

Voor het jaar 2022, met jaar-specifieke omstandigheden, is de depositie ongeveer 50 mol/ha/jaar lager dan vorig jaar voor 2022 was berekend. Dit komt vooral doordat in OPS voor 2022 recentere meetgegevens gebruikt zijn voor de achtergrondconcentratie van ammoniak. De achtergrondconcentraties hebben een relatief grote invloed op de berekende droge depositie van ammoniak. Hierdoor is de droge depositie van ammoniak lager.

De berekening van de achtergronddepositie, op basis van de laatst beschikbare emissies (over 2022) en gemiddelde meteorologische omstandigheden, is ook gewijzigd en is gemiddeld ongeveer 35 mol/ha/jaar lager dan het cijfer van vorig jaar. Dit komt met name door nieuwe emissiegegevens. In Bijlage 3 staat een nadere toelichting van de oorzaken van de verschillen.

6 Overschrijding van de kritische depositiewaarde in Natura 2000-gebieden

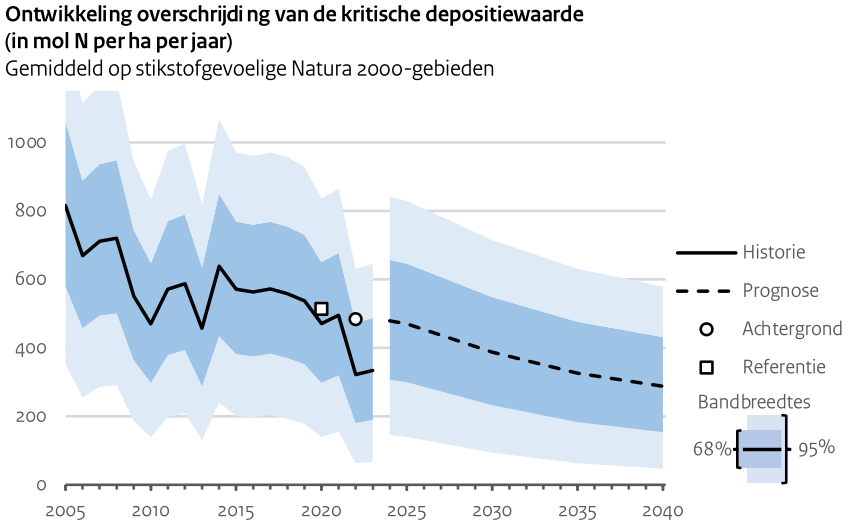
Dit hoofdstuk laat de overschrijding van de kritische depositiewaarde zien van stikstofgevoelige natuur in de Natura 2000-gebieden.

6.1 Ontwikkeling overschrijding kritische depositiewaarden

Als gevolg van de dalende stikstofdepositie, daalde tussen 2005 en 2022 de gemiddelde overschrijding van de KDW met ongeveer 40 procent (Figuur 19) (2022 op basis van gemiddelde weersomstandigheden). Hierdoor neemt het oppervlak natuur met een grote overschrijding af (Figuur 20). Voor het grootste deel van het oppervlak van de stikstofgevoelige natuur is de overschrijding lager dan 1000 mol/ha/jaar. De overschrijding van de kritische depositiewaarden (KDW) varieert sterk van plek tot plek (zie paragraaf 6.3). De gemiddelde overschrijding was ongeveer 485 mol/ha/jaar in 2022 (berekening op basis van gemiddelde weersomstandigheden).

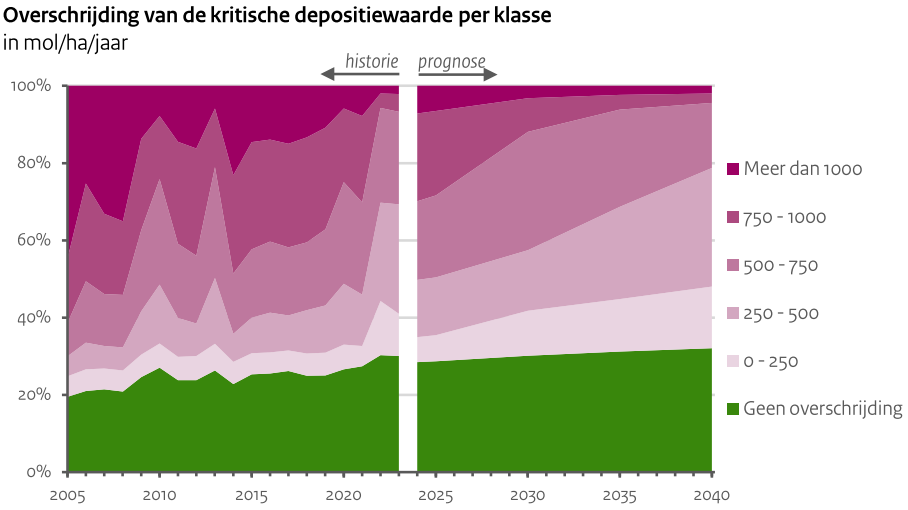
De overschrijding fluctueert van jaar tot jaar, omdat de depositie van jaar tot jaar fluctueert. Dit komt grotendeels door wisselende weersomstandigheden en fluctuaties in emissies door economische ontwikkelingen en variaties in de dieraantallen.

In dezelfde periode nam het percentage stikstofgevoelige natuur onder de KDW toe van ongeveer 20 procent tot 28 procent (Figuur 21). Deze toename van het oppervlak onder de KDW vond vooral plaats tot 2010 en is daarna afgezwakt. Dit komt overeen met de afgezwakte daling in depositie.

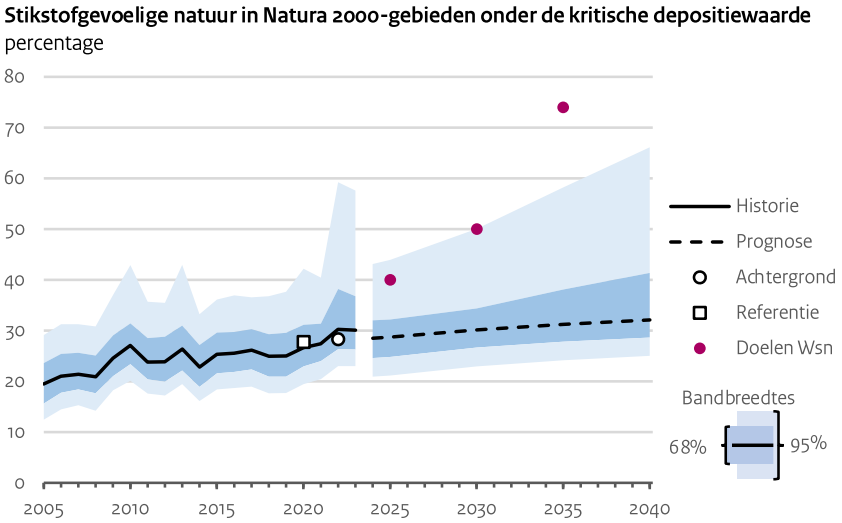


Figuur 19 Ontwikkeling van de gemiddelde overschrijding van de kritische depositiewaarde in Natura 2000-gebieden. Historie is berekend met weersomstandigheden van het betreffende jaar waardoor er variatie van jaar tot

jaar is. Prognoses, Referentie en Achtergrond betreft een berekening met gemiddelde weersomstandigheden. De prognoses zijn niet opnieuw berekend en dezelfde cijfers als in het vorige rapport.



Figuur 20 Ontwikkeling van de overschrijding van de kritische depositiewaarde in Natura 2000-gebieden (mol/ha/jaar) per klasse.



Figuur 21 Ontwikkeling van het oppervlak stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarde in de periode 2005-2040. Historie is berekend met weersomstandigheden van het betreffende jaar waardoor er variatie van jaar tot jaar is. Prognoses, Referentie en Achtergrond betreft een berekening met gemiddelde weersomstandigheden. De prognoses zijn niet opnieuw berekend en dezelfde cijfers als in het vorige rapport.

6.2 Verwachte ontwikkeling van overschrijding van de kritische depositiewaarden

De prognoses (en referentie) zijn niet opnieuw berekend, omdat er geen nieuwe emissieramingen beschikbaar zijn. Onderstaande is een samenvatting van rapportages die het afgelopen jaar zijn verschenen.

De verwachting is dat de gemiddelde overschrijding van de kritische depositiewaarde verder daalt tot ongeveer 385 mol/ha/jaar in 2030. Tussen 2030 en 2040 zet de daling door met circa 50 mol/ha/jaar elke 5 jaar (Tabel 9 en Figuur 19). Deze cijfers hebben een grote regionale spreiding (Figuur 22).

De verwachting is dat het oppervlak stikstofgevoelige natuur onder de KDW toeneemt tot 29 procent in 2025 en 30 procent in 2030. Na 2030 stijgt dit oppervlak in dezelfde mate met 1 procentpunt elke vijf jaar tot en met 2040. Ondanks de verwachte daling van de depositie blijft deze op veel plekken nog wel boven de KDW. Vandaar dat de stijging van het oppervlakte onder de KDW minder sterk is dan de daling van de overschrijding. Daarom is het relevant om ook naar ontwikkelingen in de mate van overschrijding van de KDW te kijken.

Bovenstaande prognoses gaan uit van de vastgestelde stikstofmaatregelen die voldoende concreet waren op peildatum 1 mei 2022. In aanvulling hierop is voor het jaar 2030 het effect van recenter stikstofbeleid, peildatum 1 mei 2023, becijferd (Reinds et al., 2024). De recentere maatregelen leidden ertoe dat het areaal stikstofgevoelige natuur onder de KDW in 2030 berekend wordt op 31 procent in plaats van 30 en de gemiddelde mate van overschrijding van de KDW op ongeveer 340 mol/ha/jaar in plaats van 385. Hierbij zijn onder andere de uitkoopregelingen Lbv en Lbv-plus meegenomen en het vervallen van de uitzonderingspositie (derogatie) voor de aanwending van dierlijke mest in Nederland.

De verwachtingen over de overschrijdingen zijn op basis van ontwikkelingen in emissies en kennen een bandbreedte. Ze kunnen hoger of lager uitvallen, afhankelijk van mee- of tegenvallers in de economische ontwikkeling of de effectiviteit van het ingezette beleid. Voor het jaar 2030 is de bandbreedte in het percentage areaal stikstofgevoelige natuur met een depositie onder de KDW 29-31 procent. Daarnaast zijn in de figuren de onzekerheden getoond van de berekening van de stikstofdepositie. Deze onzekerheid is groter dan de onzekerheid in emissie-ontwikkelingen. Voor het areaal onder de KDW neemt deze onzekerheid bovendien toe naar de toekomst (Figuur 21). De reden hiervoor is dat op meer plekken de depositie de KDW nadert. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 7.2.

Tabel 9 Percentage oppervlak stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarde (KDW), berekeningen met gemiddelde weersomstandigheden. Scenario V-KEV22: variant vastgesteld uit KEV 2022 (beleid t/m 1 mei 2022), Scenario MESN24: MESN studie 2024 (inclusief stikstofbeleid t/m 1 mei 2023). Bandbreedtes van het scenario V-KEV22 voor 2030 is in blokhaken aangegeven. [1]De prognoses zijn niet opnieuw berekend en dezelfde cijfers als in vorige rapportages.

Jaar	Scenario	Percentage oppervlak stikstofgevoelige natuur onder de KDW	Wsn-doel
2020[1]	Referentie	28%	-
2022	Achtergrond	28%	-
2025[1]	Prognose, V-KEV22	29%	40%
2030[1]	Prognose, V-KEV22	30% [29-31]	50%
2030[1]	Prognose, MESN24	31%	50%
2035[1]	Prognose, V-KEV22	31%	74%
2040[1]	Prognose, V-KEV22	32%	-

6.3 Geografisch beeld van de overschrijdingen van de kritische depositiewaarde

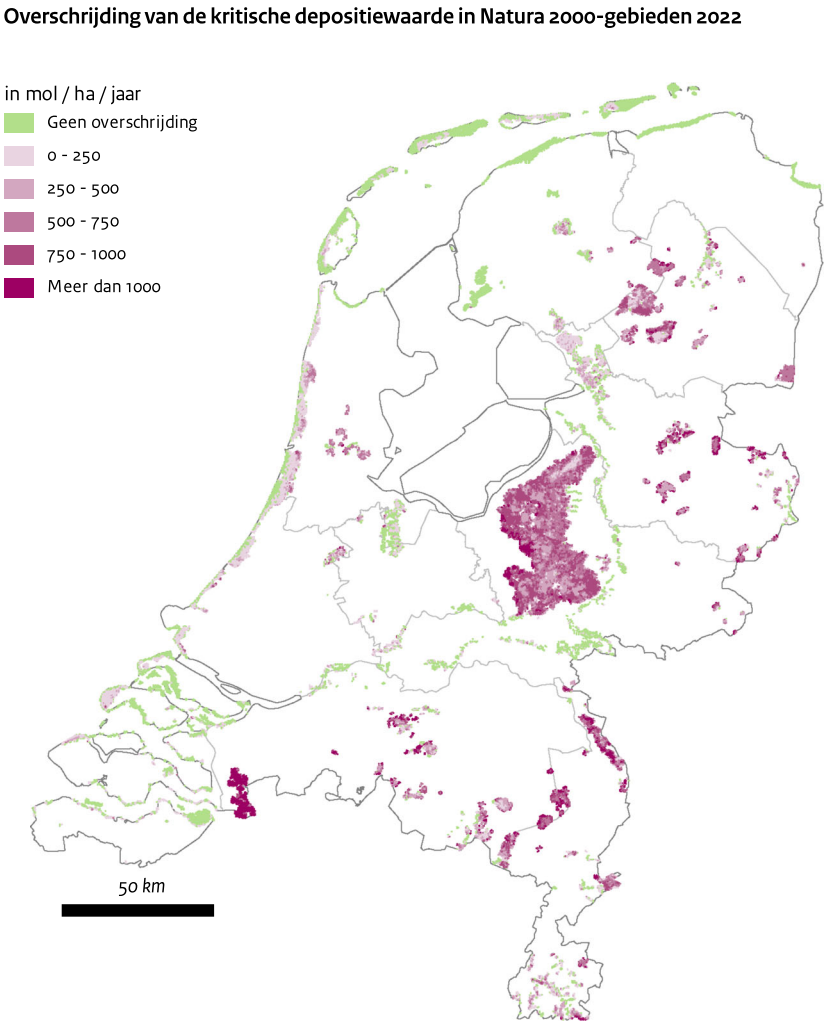
Voor 2022 is de KDW-overschrijding in kaart gebracht (Figuur 22). Hieruit blijkt dat de grootste overschrijdingen van de KDW plaatsvinden in de Natura 2000-gebieden met natuur met een lage KDW en een relatief hoge depositie. Voorbeelden hiervan zijn gebieden met hoogveen-, heide en bosgronden. Hierdoor zijn er grote verschillen te zien tussen provincies. Om voor deze gebieden de depositie onder de KDW te brengen, moet de stikstofdepositie verder dalen dan de gepresenteerde landelijk gemiddelden.

6.4 Voortgang in relatie tot wettelijke doelen

De prognoses (en referentie) zijn niet opnieuw berekend, omdat er geen nieuwe emissieramingen beschikbaar zijn. Onderstaande is een samenvatting van rapportages die het afgelopen jaar zijn verschenen.

In de Wet zijn doelen voor het percentage oppervlak onder de KDW vastgelegd. Dit zijn doelen voor de jaren 2025, 2030 en 2035. Op basis van bovenstaande resultaten is de verwachting dat de doelen voor 2025 en 2030 zeer waarschijnlijk niet, en voor 2035 vrijwel zeker niet gehaald worden met het op 1 mei 2022 vastgestelde en voorgenomen beleid (Figuur 21 en Tabel 9).

Ook is het beeld dat met de voorgestelde emissiedoelen per provincie uit het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG), deze doelen niet worden gehaald (RIVM, 2024a). Dit zijn emissiedoelen waar nog geen concrete maatregelen voor zijn uitgewerkt, en daarom geen onderdeel zijn de prognoses op basis van vastgesteld of voorgenomen beleid.



Figuur 22 Geografisch beeld van de overschrijding van de kritische depositiewaarde (KDW) in Natura 2000-gebieden in Nederland voor 2022 (berekend met gemiddelde weersomstandigheden).

6.5 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport

De berekende overschrijding van de KDW voor de periode 2005-2021 is ongeveer 0 tot 20 mol/ha/jaar hoger dan in het rapport van vorig jaar. Voor 2022 is de overschrijding van de KDW gemiddeld 40 mol/ha/jaar lager dan vorig jaar is berekend. Dit komt door de actualisatie van de depositiecijfers voor deze reeks.

Het percentage areaal met een depositie onder de KDW is door de actualisatie voor de gehele reeks vrijwel gelijk aan vorig jaar. Verschillen zijn afgerond maximaal 1 procentpunt. De actualisatie van de gegevens heeft daarmee geen gevolgen voor de conclusies die in het vorige rapport waren getrokken.

7 Onzekerheden in de stikstofdepositie en de berekende overschrijding van de KDW

De cijfers in dit rapport over overschrijding van de KDW zijn gebaseerd op depositiewaarden die gemaakt zijn met een combinatie van metingen en berekeningen. Dit geeft een zo goed mogelijke inschatting van de werkelijke depositie, maar deze cijfers kennen een onzekerheid. Dit hoofdstuk beschrijft wat deze is en hoe daar mee om te gaan is.

7.1 Onzekerheden in de berekende depositiewaarde

De onzekerheid van de cijfers zegt iets over hoe waarschijnlijk de berekende waarde overeenkomt met de werkelijke depositie. Een aantal factoren is hierop van invloed. De belangrijkste zijn:

- De nauwkeurigheid van de gegevens over binnen- en buitenlandse emissiebronnen.
- De onzekerheid van toekomstige ontwikkelingen, met inbegrip van de emissielocaties in de toekomst en de inschattingen van het beleid en de beleidseffectiviteit.
- De methodische onzekerheid: hoe goed het gebruikte rekenmodel de werkelijkheid benadert.
- Onzekerheid in benodigde gegevens, zoals het landgebruik en de toekomstige ontwikkeling daarin.
- Het detailniveau van de gepresenteerde cijfers: een landelijk gemiddeld cijfer is nauwkeuriger te bepalen dan de depositie in één natuurgebied of op een enkele hectare.
- De nauwkeurigheid en de ruimtelijke dekking van metingen van de stikstofcomponenten.

Naast deze onzekerheden van de berekende cijfers, kunnen de cijfers ook wijzigen door nieuwe inzichten. Elk jaar zijn er nieuwe gegevens (met name emissies) en verschijnt er regelmatig nieuwe kennis over de stikstofdepositie processen. Hierdoor wijzigt de inschatting van de stikstofdepositie (zie paragraaf 8.1).

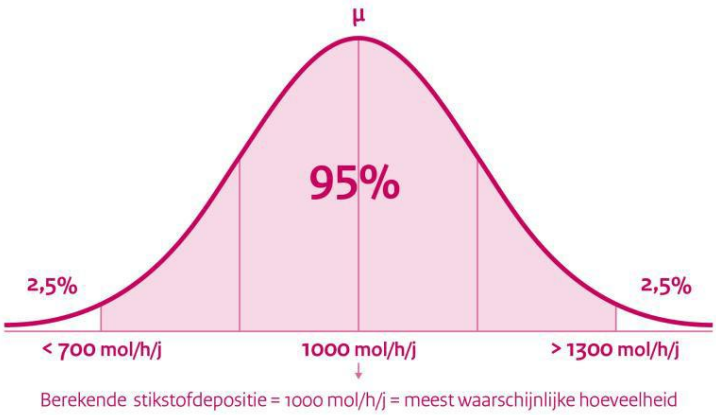
7.1.1 Mate van onzekerheid in de berekende stikstofdepositie

De onzekerheid wordt uitgedrukt met een standaarddeviatie (of standaardafwijking). De onzekerheid hangt af van het gebied waarover de depositie is berekend en de grootte daarvan. Hoe groter het gebied is, hoe kleiner de onzekerheid. De standaarddeviatie van de lokaal berekende depositie (op 1 ha of 1 km² schaal) is 35 procent. De standaarddeviatie van de landelijk gemiddelde depositie is ongeveer 15 procent van de berekende waarde (RIVM, 2023c).

Bij de ontwikkeling van de stikstofdepositie en overschrijding van de kritische depositiewaarde zijn bandbreedte rond de berekende waarde weergegeven (zie Figuur 23 voor een rekenvoorbeeld):

- De binnenste band betekent dat het *waarschijnlijk* is (kans van circa 68 procent, +/- één standaarddeviatie) dat de werkelijke depositie binnen 15 procent boven of onder de berekende waarde ligt.

- De buitenste band betekent dat het *zeer waarschijnlijk* is (kans van circa 95 procent, +/- 2 standaarddeviaties) dat de werkelijke depositie binnen 30 procent boven of onder de berekende waarde ligt. Bij cijfers over bandbreedtes wordt zoveel mogelijk de 95 procent bandbreedte beschreven.



Figuur 23 Een (fictief) rekenvoorbeeld van onzekerheden: stel, het model berekent een depositie van 1000 mol/ha/jaar; dan is het zeer waarschijnlijk (95 procent) dat de werkelijke hoeveelheid stikstof tussen de ca. 700 en 1300 mol ligt. De hoogte van de curve geeft de kans voor een individuele waarde: de meest waarschijnlijke hoeveelheid die neerkomt is wel 1000 mol/ha/jaar.

7.1.2 Bandbreedtes van prognoses

Voor prognoses zijn er aanvullende onzekere factoren. Zo is het bijvoorbeeld onzeker welk beleid daadwerkelijk wordt uitgevoerd gezien het draagvlak en de realisatiesnelheid van de uitvoering van beleidsmaatregelen, welke economische ontwikkelingen plaatsvinden, wat de effectiviteit is van emissie-reducerende maatregelen of hoe strikt handhaving plaatsvindt.

Deze factoren zijn verwerkt in een bandbreedte voor de Nederlandse emissieramingen voor het jaar 2030. Deze is doorgerekend naar het effect op de depositie. Deze bandbreedte geeft een beeld van de spreiding van de emissieramingen voor de toekomst. Deze bandbreedte staat los van de in de vorige paragrafen beschreven onzekerheid op de berekende depositie.

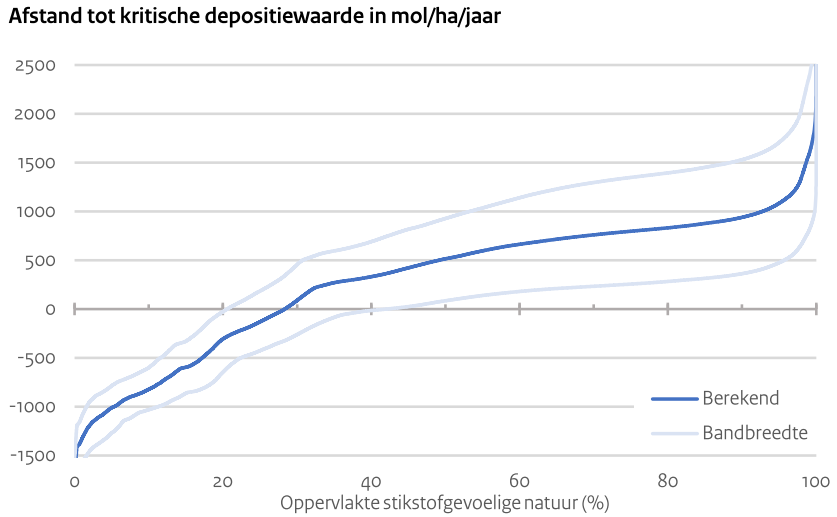
7.2 Gevoeligheid berekende overschrijding kritische depositiewaarde

De bandbreedte van de depositiewaarde werkt ook door in de berekende overschrijding van de KDW. En daarmee in het berekende oppervlak onder de KDW.

Een variatie in de depositie van 30 procent boven of onder de berekende depositie (twee standaarddeviaties) resulteert in een variatie van circa 8 tot 14 procentpunt onder of boven het berekende oppervlak onder de KDW voor het jaar 2022. Dit geeft een bandbreedte van circa 20-40 procent van het oppervlak stikstofgevoelige natuur onder de KDW in 2022 (Figuur 24).

De onzekerheid in het berekende oppervlak onder de KDW neemt toe, als de berekende depositie in de buurt komt van de KDW. Bij een grote over- of onderschrijding maakt de onzekerheid van het depositiecijfer minder uit. Dat betekent dat hoe dichter de berekende depositie bij de KDW ligt, hoe groter de onzekerheid van het berekende oppervlak onder de KDW is. Hierdoor is de onzekerheidsband voor het oppervlakte onder de KDW asymmetrisch en neemt deze toe bij prognosejaren waar de berekende depositie dichter in de buurt van de KDW komt.

Ook kritische depositiewaarden kennen een bandbreedte. De waarden die zijn afgeleid voor gebruik in beleid zijn als norm geïnterpreteerd. Dit rapport gaat verder niet in op onzekerheden in de KDW's (zie hiervoor Wamelink et al., 2023). Ook zit er onzekerheid in de locatie en omvang van habitats, wat invloed heeft op de KDW's.



Figuur 24 Oppervlakverdeling naar afstand tot de kritische depositiewaarde (KDW) voor 2022, op basis van gemiddelde weersomstandigheden. Een negatieve afstand is een depositie onder de KDW. Het oppervlak onder de KDW is waar de grafiek de 0-lijn snijdt. Bandbreedte (30 procent, twee standaarddeviaties) op de berekende depositie (lichtblauwe lijnen) werken door in het berekende oppervlak onder de KDW.

7.3 Omgaan met onzekerheden

Bij trends over een periode van meerdere jaren vallen de onzekerheden voor een deel tegen elkaar weg. Dat komt omdat een deel van de onzekerheden *systematisch* is en dus voor elk jaar hetzelfde. Ook onzekerheden door *toevallige* fouten of variaties, bijvoorbeeld meteorologische verschillen, vallen weg over langere tijdsperiodes. De ontwikkeling over meerdere jaren is hierdoor nauwkeuriger dan de absolute niveaus in één specifiek jaar. De verschillen tussen twee jaren worden dan dus voornamelijk bepaald door de verwachte emissieontwikkeling. Daarom kijken we ook naar de ontwikkeling over een langere periode of de verandering ten opzichte van een referentiejaar, omdat dit een beter beeld geeft van de ontwikkeling (zie verder 8.2).

Bovenstaande is relevant, omdat de absolute depositiecijfers een belangrijke rol spelen in de monitoring van de stikstofdepositie. Zowel bij het bepalen van de overschrijding van de KDW, als de monitoring van het oppervlak onder de KDW.

De onzekerheid in het berekende oppervlak onder de KDW is meegenomen in conclusies over het halen van de doelen. Valt het doel in de bandbreedte 'waarschijnlijk' of 'zeer waarschijnlijk', dan is de uitspraak over het halen van het doel ook met deze kwalificatie beschreven. Valt het doel buiten de bandbreedte, dan beschrijven we de conclusies als 'vrijwel zeker'. De bandbreedte door de onzekerheid in de depositie is relatief groot. Sterker nog, hoe dichter de waarde bij het doel komt, hoe groter de onzekerheid in het berekende oppervlakte onder de KDW wordt (zie Figuur 21). Daarom worden ook andere indicatoren gebruikt om de ontwikkeling in beeld te brengen (zie paragraaf 8.2).

8 Discussie

Nieuwe gegevens en wetenschappelijk inzichten kunnen doorwerken in de monitoring en evaluatie van beleidsdoelen. Dit hoofdstuk beschrijft welke dit zijn en wat de betekenis is voor deze monitoringsrapportage. Daarnaast reflecteert dit hoofdstuk op het gebruik van de gekozen indicatoren en op de toekomstige ontwikkelingen voor deze monitoring.

8.1 Nieuwe gegevens en wetenschappelijke inzichten

De monitoring van stikstofdepositie wordt jaarlijks uitgevoerd op basis van de best beschikbare en meest actuele gegevens en wetenschappelijke inzichten. Regelmatig komen nieuwe gegevens over de uitstoot en verspreiding van stikstof beschikbaar. Het RIVM verwerkt deze elk jaar bij de productie van kaarten van luchtkwaliteit en stikstofdepositie. Het RIVM werkt ook aan de verbetering van de stikstofmodellering en de meetstrategie, met als doel het begrip van de depositieprocessen te verbeteren en het onverklaarde verschil tussen berekeningen en metingen te verkleinen. Resultaten van dit onderzoek leiden tot aanpassingen in de modellen en/of de gebruikte gegevens.

Het RIVM hanteert hiervoor het protocol *Nieuwe inzichten luchtkwaliteit en stikstofdepositie*. Daarin is vastgelegd onder welke voorwaarden onderzoeksresultaten worden verwerkt en met welke frequentie gegevens worden geactualiseerd. De cijfers over de stikstofdepositie kunnen bij een update met enkele procenten wijzigen (landelijk gemiddeld). Lokaal kan dat aanzienlijk meer zijn.

Elk jaar worden de nieuwe gegevens over emissies en metingen geactualiseerd. Emissieramingen komen elke twee jaar beschikbaar. Ook verschijnen er jaarlijks nieuwe gegevens over het weer.

Daarnaast worden regelmatig achtergrondgegevens geactualiseerd die nodig voor het berekenen van de stikstofdepositie. Dit zijn onder andere concentratiekaarten van NH_3, SO_2 en NO_x, maar ook kaarten van het landgebruik en chemische conversie van stoffen in de lucht. Ook worden rekenmethoden aangepast door onderzoekstrajecten.

Tot slot wijzigen regelmatig de gegevens over de stikstofgevoelige natuur. Dit zijn de habitatkaarten, relaties tussen soorten en hun leefgebieden en de bijbehorende kritische depositiewaarden. Deze updates hebben een effect op de berekende overschrijdingen van de KDW.

Door deze aanpassingen kunnen de gestelde conclusies in dit rapport wijzigen. Dat kan doordat er nieuwe inzichten in (beleids)ontwikkeling zijn, maar ook door methodische aanpassingen. Bijlage 3 beschrijft de aanpassingen ten opzichte van het vorige rapport en de effecten daarvan op de resultaten. Verschillende typen indicatoren kunnen meer of minder gevoelig zijn voor wijzigingen.

8.2 Geschiktheid van verschillende indicatoren voor monitoring

De doelen in de wet zijn geformuleerd als het oppervlak onder de KDW voor specifieke jaren. Door de veranderingen in gegevens fluctueren de berekende overschrijdingen en het oppervlak onder de KDW van jaar tot jaar. Hierdoor kan het zijn dat, ook bij gelijkblijvend beleid, deze indicator per jaar een optimistischer of pessimistischer beeld van de opgave laat zien. Deze indicator is daar gevoelig voor, omdat het een absoluut niveau beschrijft. Ontwikkelingen in de tijd of ten opzichte van een referentieniveau zijn stabieler en daarmee betrouwbaarder om de ontwikkeling in beeld te brengen dan een absoluut doel.

Daarnaast speelt bij deze indicator ook mee dat de waarde (het oppervlak) pas verbetert als de berekende depositie onder de KDW duikt. Deze indicator laat geen verbetering zien als de depositie wel daalt, maar nog boven de KDW blijft. Een deel van de ontwikkeling die is gerealiseerd blijft zo buiten beeld. Andere indicatoren geven beter inzicht in de voortgang van behaalde emissiereducties.

Vanwege bovenstaande punten wordt in dit rapport naast het oppervlak onder de KDW ook gekeken naar de mate waarmee de KDW wordt overschreden. De gemiddelde (mate van) overschrijding van de KDW geeft een genuanceerder beeld van de verbetering door de emissie- en depositiereductie.

Ook worden de ontwikkelingen in emissie en depositie door de tijd heen beschreven. Zo ontstaat stapsgewijs meer inzicht in de oorzaken van de trends in de gehele keten van uitstoot tot overschrijding van de KDW.

Daar staat tegenover dat emissie- en depositie verder afstaat van het uiteindelijke hoofddoel, namelijk behoud van biodiversiteit in de natuur. Het kan zo zijn dat een emissiereductie wordt gehaald, maar dat uit nieuwe inzichten blijkt dat dit niet leidt tot het beoogde behoud van biodiversiteit. Het meest volledige beeld van de ontwikkeling in de hele keten ontstaat door de inzichten uit meerdere indicatoren samen.

Bovenstaande overwegingen zijn ook relevant voor hoe doelstellingen (of indicatoren) worden geformuleerd. In Figuur 25 zijn de voor- en nadelen van verschillende formuleringen met behulp van voorbeelden schematisch weergegeven. De doelstelling van 74 procent areaal onder de KDW uit de Wsn hangt nauw samen met de natuurdoelen, maar is vanwege het absolute karakter erg gevoelig voor fluctuaties. Daardoor kan de opgave wijzigen bij een update van de cijfers. Om minder afhankelijk te zijn van fluctuaties kan gekeken worden naar de reductie tussen twee jaren. De mate van overschrijding van de KDW, depositie of emissie (zoals de emissiereductiedoelen uit het NPLG) hebben - in die volgorde – steeds minder relatie met de natuur, maar laten wel sterker het effect van maatregelen zien. Ook neemt in deze volgorde de gevoeligheid voor fluctuaties af, omdat minder gegevens en modelstappen nodig zijn.

Minder fluctuaties

Relatie met natuur

Voortgang snel zichtbaar

Minder fluctuaties

Verschil in opgave

	< KDW	Overschrijding / Depositie	Emissie
Absoluut in jaar x	74 %	600 mol	60 kton
Reductie t.o.v. jaar x	40% minder	300 mol reductie	40 kton reductie
Relatief t.o.v. jaar x		50% reductie	60% reductie

Figuur 25 Voorbeelden van verschillende soorten indicatoren voor stikstof en, ter illustratie, voorbeelden van formulering van een niveau of ontwikkeling. Met pijlen zijn aangegeven wat de voordelen van de verschillende indicatoren zijn.

8.3 Ontwikkeling monitoring

8.3.1 Verbetering modellering

Om de stikstofdepositie te bepalen is er altijd een combinatie van berekeningen en metingen nodig. Berekeningen zijn nodig om uitspraken te kunnen doen over wat metingen niet (kunnen) meten. De metingen zijn cruciaal om de berekeningen te kalibreren.

Binnen het RIVM is het programma 'Meten en Modelleren Stikstof' opgezet. Binnen dit programma worden de verschillende meetnetten, om stikstofcomponenten te meten, geoptimaliseerd. Ook worden er hoge resolutie metingen uitgevoerd om het depositieproces beter te kunnen bestuderen en de modellen te kunnen verbeteren. Uitkomsten uit dit programma leiden tot verbeteringen van de depositiecijfers voor deze monitoring.

8.3.2 Ruimtelijke verdeling emissiebronnen voor prognosekaarten

De locatie en ruimtelijke verdeling van emissiebronnen is belangrijke informatie om stikstofdepositie te bepalen. Het stikstofbeleid kent regionale verschillen. Daarom is het wenselijk deze verschillen mee te nemen in de modellering.
Op dit moment wordt voor de ruimtelijke verdeling van de emissies van sectoren één gegevensbestand gebruikt voor alle jaren. Dat is de meest recente ruimtelijke verdeling van emissies uit de Emissieregistratie. Van de emissieramingen zijn emissietotalen per sector beschikbaar. Deze worden voor de berekening toegepast op de huidige verdeling van deze sector. Een nadeel hiervan is dat lokale maatregelen generiek over de hele sector worden toegepast.

Het RIVM werkt met WUR en PBL ook aan het preciezer lokaliseren en ramen van de effecten van stikstofmaatregelen (Reinds et al., 2024). Het doel is dat dit in een volgende editie van de monitoring tot verbetering van de depositieprognoses leidt, doordat lokaal beleid

(provinciaal of specifiek in de buurt van Natura 2000-gebieden) kan worden meegenomen.

8.3.3 Ontwikkeling regionale monitoring

De stikstofdoelen waar dit rapport op reflecteert zijn landelijk geformuleerd. De inzichten in lokale ontwikkelingen worden derhalve zeer beperkt besproken. Er is echter een steeds sterkere focus op provinciaal beleid en in het Nationaal Programma Landelijk Gebied zijn ook provinciale doelen geformuleerd. Naast meer focus op regionaal beleid, worden daarin bredere thema's meegenomen (o.a. waterkwaliteit en klimaat). Het RIVM en collega-instituten hebben de monitoring van het NPLG verkend. Op het gebied van stikstof is ook verdere regionalisering van deze stikstofmonitoring voorgesteld. Het belangrijkste ontwikkelpunt is de in de vorige paragraaf beschreven verbetering van ruimtelijke toedeling van emissieramingen.

Dankwoord

De auteurs zijn dank verschuldigd aan de wetenschappelijke reviewers van dit rapport en de geleverde feedback uit maatschappelijke- en beleidsklankbordgroep.

Bijdragen in de totstandkoming van gegevens:
G.J.C. Stolwijk, T.N.P. Nguyen, W.J. de Vries, M. Glaese, I. Soenario, RIVM

Tekstredactie:
L.D. van Dooren, RIVM

Referenties

Amann et al. (2021), 'Report from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. The second clean air outlook', International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0003&from=EN

Bobbink, R. & J. Hettelingh (Ed.), 'Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships: Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010', Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), report 680359002.

Campling, P. et al. (2013), 'Specific evaluation of emissions from shipping including assessment for the establishment of possible new emission control areas in European Seas', Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO).

CEIP (2023), 'UNECE/CEIP, WebDab emission (Emissions as used in EMEP)', www.ceip.at, geraadpleegd in november 2023.

CITEPA (2023a), 'Inventaire des émissions de pollutants atmosphériques en France métropolitaine, format CEE-NU', https://cdr.eionet.europa.eu/fr/un/clrtap/iir/envzajrwa/UNECE_France_mars2023_13032023.pdf

CITEPA (2023b), 'Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre de Nations Unies sur les Changement Climatiques'. Rapport CCNUCC.

Dobben, H. van, W. Wamelink, F. van der Zee, A. van Hinsberg, R. Bobbink (2023), 'Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000: Herziening 2023'. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3272.

Dröge, R. & Koch, W.W.R. (2022), 'Update Emissiekarakteristieken GCN/GDN 2022'. TNO 2022 R1173.

Ecologische Autoriteit (2024), 'Doen wat moet én kan. Nu aan de slag met noodzakelijk natuurherstel, met natuurdoelanalyses als fundament.' 26 januari 2024.

Grange, S., Sintermann, J., Hueglin, C. (2023), 'Meteorologically normalised long-term trends of atmospheric ammonia (NH3) in Switzerland/Liechtenstein and the explanatory role of gas-aerosol partitioning'. Science of the Total Environment 900 (2023) 165844. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165844

IIASA (2023), 'GAINS Online, Pollution Management Group', https://gains.iiasa.ac.at/models/, datum van raadpleging: 23 februari 2023.

Kuenen, J., S. Dellaert, A. Visschedijk, J. Jalkanen, I. Super, H.D. van der Gon (2022), 'CAMS-REG-v4: a state-of-the-art high-resolution European emission inventory for air quality modelling', Earth System Science Data, 14, 491–515. https://doi.org/10.5194/essd-14-491-2022

LNV (2022a), 'Startnotitie Nationaal Programma Landelijk Gebied'. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/06/10/startnotitie-nplg-10-juni-2022

LNV (2022b), 'Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering 2022-2035', Den Haag, ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/12/19/programma-stikstofreductie-en-natuurverbetering-2022-2035
LNV (2023), 'Ontwerp Nationaal Programma Landelijk Gebied'. Den Haag. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/12/15/ontwerp-nplg
MARIN (2016), 'MARIN, 2016: SEA SHIPPING EMISSIONS 2014: NETHERLANDS CONTINENTAL SHELF, 12-MILE ZONE, PORT AREAS AND OSPAR REGION II', Maritime Research Institute Netherlands (MARIN).
Nilsson, J., P. Grennfelt (1988), 'Critical Loads for Sulphur and Nitrogen; Report from a Workshop Held at Skokloster, Sweden, 19–24 March, 1988', Miljø rapport 1988: 15. Nordic Council of Ministers, København.
Noordijk et al., 2020. 'Performance of the MAN ammonia monitoring network in the Netherlands.' https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117400
PBL, TNO, CBS & RIVM (2022), 'Klimaat- en Energieverkenning 2022. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.' https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2022
PBL (2023), 'Lichte actualisatie van de emissieramingen luchtverontreinigende stoffen 2023: Notitie ten behoeve van de RIVM-berekeningen voor luchtkwaliteit en stikstofdepositie', Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. https://www.pbl.nl/publicaties/lichte-actualisatie-van-de-emissieramingen-luchtverontreinigende-stoffen-2023
PBL, RIVM, TNO & WUR (2023), 'Geraamde ontwikkelingen in nationale emissies van luchtverontreinigende stoffen 2023. Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2022', Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. https://www.pbl.nl/publicaties/geraamde-ontwikkelingen-in-nationale-emissies-van-luchtverontreinigende-stoffen-2023
PVV, VVD, NSC & BBB (2024), 'Hoop, lef en trots. Hoofdlijnenakkoord 2024-2028'. Coalitiepartijen PVV, VVD, NSC en BBB.
Reinds et al. (2024), 'Voortgang stikstofbronmaatregelen en verwachte effecten in 2030. Monitoring en evaluatie van het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering'. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 2024. PBL-publicatienummer 5204.
Ricardo Energy & Environment (2022), 'UK Informative Inventory Report (1990 to 2020)'. https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/2203151456_GB_IIR_2022_Submission_v1.pdf
RIVM (2004), 'The Operational Priority Substances Model.' Jaarsveld, J.A. van. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, report 500045001.
RIVM (2018), 'Ontwikkelingen in de stikstofdepositie', Wichink Kruit, R. J., W.A.J. van Pul (2018). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM-briefrapport 2018-0117, doi: 10.21945/RIVM-2018-0117.

RIVM (2020), 'Implementation of a data fusion approach to assess the concentration and dry deposition of ammonia in the Netherlands', Wichink Kruit, R.J., M. Braam, R. Hoogerbrugge, A. van Pul, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM letter report 2020-0076, doi: 10.21945/RIVM-2020-0076.
RIVM (2023a), 'Monitor stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden 2023: Monitoring van de Wet stikstofreductie en natuurverbetering'. W Marra, SB Hazelhorst, KMF Brandt, RJ Wichink Kruit, JM Schram, LA de Jongh. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: Bilthoven. RIVM-rapport 2023-0239, Bilthoven. https://www.rivm.nl/publicaties/monitor-stikstofdepositie-in-natura-2000-gebieden-2023
RIVM (2023b), 'Stand van zaken ammoniak van zee. Tussenrapportage april 2023'. A. Bleeker, M. Poelhuis, A. van Pul, K. Siteur, A. Stolk, R. Verwij, R. Wichink Kruit. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: RIVM-rapport 2023-0308.
RIVM (2023c), 'Uncertainty in the determined nitrogen deposition in the Netherlands. Status report 2023'. R. Hoogerbrugge., M Braam, K Siteur, C Jacobs, S Hazelhorst, G Stefess, E van der Swaluw, R Wichink Kruit, J Wesseling, A van Pul. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapport 2022-0085.
RIVM (2023d), 'The OPS-model. Description of OPS 5.1.1.0', Sauter, F., M. Sterk, E. van der Swaluw, R. Wichink Kruit, W. de Vries, A. van Pul. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: Bilthoven. https://www.rivm.nl/documenten/uitgebreide-modelbeschrijving-van-ops-versie-5110
RIVM (2024a), 'Effect van nieuwe inzichten op het bereiken van de NPLG stikstofdoelen'. S.B. Hazelhorst, C.W.M. van der Maas, P. Romeijn. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: RIVM-rapport 2024-0054.
RIVM (2024b), 'Emissieregistratie reeks 1990-2022', Rijksinstituut voor Volksgezondheid & Milieu. https://www.emissieregistratie.nl.
RIVM (2024c),'Gecombineerde analyse van gemeten stikstoftrends.' https://www.rivm.nl/stikstof/monitoren-advies-onderzoek/overzicht-stikstofmetingen/gecombineerde-analyse-stikstoftrends.
RIVM (2024d), 'Grootschalige concentratiekaarten Nederland. Rapportage 2024', S. Mijnen-Visser, LA de Jongh, SB Hazelhorst, R Hoogerbrugge, I Soenario, GJC Stolwijk, WJ de Vries, RJ Wichink Kruit, S Zuidberg. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: RIVM-rapport 2024-0059.
Schneider, C., M. Pelzer, N. Toenges-Schuller, M. Nacken, A. Niederau (2016), 'ArcGIS basierte Lösung zur detaillierten, deutschlandweiten Verteilung (Gridding) nationaler Emissionsjahreswerte auf Basis des Inventars zur Emissionsberichterstattung', Umwelt Bundesamt (UBA). https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/arcgis-basierte-loesung-zur-detaillierten
Tang et al., (2018), 'Drivers for spatial, temporal, and long-term trends in atmospheric ammonia and ammonium in the UK'. https://doi.org/10.5194/acp-18-705-2018
Umwelt Bundesamt (UBA) (2023), 'German Informative Inventory Report 2023 (IIR 2023)'. https://iir.umweltbundesamt.de/2023/iir/about

Vonk, J., van Bruggen, C., Lagerwerf, L. A., Huijsmans, J. F. M., Luesink, H. H., van der Zee, T., & Velthof, G. L. (2023). 'Raming van luchtemissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040: Achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat- en Energieverkenning 2022'. Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1399. https://doi.org/10.18174/582057

Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM), Waals agentschap voor lucht en klimaat (AWAC), Brussels Environment (BE-LB), Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL) (2023), 'Informative Inventory Report: About Belgium's air emissions submitted under the Convention on Long Range Transboundary Air Pollution CLRTAP and National Emission Ceiling Directive NECD'. https://www.irceline.be/nl/luchtkwaliteit/emissies/IIR_BE.pdf

Wamelink, W., van Dobben, H., van der Zee, F., van Hinsberg, A., & Bobbink, R. (2023), 'Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000: Herziening 2023', Wageningen: Wageningen University & Research.

Van Zeijts et al. (2024b), 'Monitoring en evaluatie van het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering'. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 2024. Synthese-rapport. PBL-publicatienummer: 5293.

Bijlage 1 Begrippenlijst

Achtergrond stikstofdepositie: depositiecijfers, die zijn berekend op basis van gemiddelde meteorologische en chemische omstandigheden. Wel zijn de meest recente emissiegegevens toegepast.

Ammoniak (NH_3): een verbinding van stikstof en waterstof die onder andere aanwezig is in mest. Deze stof is een belangrijk onderdeel van gereduceerd stikstof (NH_x) en draagt bij aan verzuring en vermesting (eutrofiering).

Ammonium (NH_4): een verbinding van stikstof en waterstof, die kan worden gevormd in de lucht wanneer ammoniak reageert met salpeterzuur (HNO_3) of zwavelzuur (H_2SO_4) tot ammoniakzouten.

Bandbreedte: de marge van de onzekerheid van gepresenteerde gegevens. In sommige gevallen is een bandbreedte expliciet bepaald. Voor stikstofdepositie wordt een bandbreedte weergegeven, die overeenkomt met plus of min twee standaarddeviatie van de onzekerheid (zie paragraaf 7.1).

Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP): het CEIP verzamelt emissie- en ramingsgegevens van onder andere verzurende, luchtverontreinigende stoffen, zware metalen en zwevende deeltjes. Hiervan stellen ze datasets op, die als input gebruikt kunnen worden voor EMEP-modelleringsactiviteiten voor luchtkwaliteit.

Droge depositie: het proces waarbij stoffen door luchtbewegingen (turbulentie) naar het oppervlak getransporteerd en daar opgenomen worden. Dit proces vindt continu plaats.

Emissie (of uitstoot): de uitstoot van milieuverontreinigende stoffen naar lucht, water en bodem. In de context van deze rapportage betreft het de uitstoot naar lucht.

Emissieramingen: de verwachte toekomstige emissies voor luchtverontreinigende stoffen. Deze schattingen worden gebruikt voor het ontwikkelen van beleid en het beoordelen van de milieueffecten van menselijke activiteiten.

Emissieregistratie (ER): de Emissieregistratie bevat de uitstoot van ongeveer 375 voor het milieubeleid relevante stoffen en stofgroepen naar zowel bodem, water als lucht. Hierbij horen ook ammoniak en stikstofoxiden.

European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP): EMEP is een samenwerkingsprogramma voor monitoring en evaluatie van de transmissie van luchtverontreinigende stoffen over lange afstanden in Europa.

Gekarteerd oppervlak: de oppervlakte waar een habitat voorkomt, heet het ingetekende oppervlak. De mate waarin een habitat voorkomt binnen een ingetekende oppervlakte heet de dekkingsgraad. Door het ingetekende oppervlak te vermenigvuldigen met de dekkingsgraad, verkrijgen we de gekarteerde oppervlakte. De gekarteerde oppervlakte is dus het daadwerkelijke oppervlak (in ha) waar een habitat voorkomt.

Grootschalige concentratiekaarten Nederland (GCN): een set kaarten die op basis van modelberekeningen en metingen een beeld geeft van de concentraties in de lucht van verschillende stoffen, waaronder stikstofoxiden en ammoniak.

Grootschalige depositiekaarten Nederland (GDN): een set kaarten die op basis van modelberekeningen en metingen een beeld geeft van de deposities van verschillende stoffen, waaronder stikstofoxiden en ammoniak.

Habitattype: een ecosysteemtype op het land of in het water met karakteristieke geografische, abiotische en biotische kenmerken.

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA): een onafhankelijk internationaal onderzoeksinstituut dat beleidsgericht interdisciplinair onderzoek doet naar onder andere klimaatverandering, energiezekerheid en duurzame ontwikkelingen.

Kalibreren: met kalibreren wordt het verschil tussen berekende en gemeten waarden opgelost. Voor berekeningen van historische jaren worden de metingen uit dat specifieke jaar gebruikt, voor prognoses en de achtergrondkaart wordt op basis van vijf jaar aan metingen en berekeningen een correctie toegepast.

Klimaat- en Energieverkenning (KEV): jaarlijkse rapportage om de voortgang van klimaatbeleid te monitoren en een beeld te geven van de toekomstige ontwikkelingen in het energiesysteem en de uitstoot van broeikasgassen in Nederland.

Kritische depositiewaarde (KDW): De Kritische depositiewaarde (KDW) geeft aan hoeveel stikstof de natuur aankan zonder dat er schade ontstaat. Het is een wetenschappelijke waarde die ecologen hebben bepaald.

Leefgebied: een door specifieke abiotische en biotische factoren bepaald milieu waarin de soort tijdens één van de fasen van zijn biologische cyclus leeft.

Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML): het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) meet ieder uur de kwaliteit van de lucht op een groot aantal plaatsen in Nederland. Het gaat om diverse stoffen, zoals ozon, stikstofoxiden (NO, NO_2, NO_x), zwaveldioxide, ammoniak, fijnstof (PM10) en zwarte rook.

Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN): in het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden worden de luchtconcentraties van ammoniak gemeten. Het MAN bestaat op dit moment uit meer dan 300 meetlocaties in 86 gebieden.

Natte depositie: het proces waarbij stoffen oplossen in water in de lucht. Deze stoffen komen vervolgens met regen naar beneden en op de grond terecht. Natte depositie komt dus alleen voor bij neerslag (zie ook droge depositie).

Omgevingswaarde: omgevingswaarden zijn normen of doelen die de gewenste staat of kwaliteit van de leefomgeving als beleidsdoel vastleggen. Het is een instrument waarmee overheden het beleid van een omgevingsvisie kunnen uitvoeren. Voor stikstof is de omgevingswaarde een resultaatsverplichting voor het oppervlak van de stikstofgevoelige natuur met een stikstofdepositie lager dan de kritische depositiewaarde. De omgevingswaarden voor stikstof gelden voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden samen en niet per gebied.

OPS-model: het Operationele Prioritaire Stoffen (OPS)-model is een rekenprogramma om de verspreiding van verontreinigende stoffen in de lucht te berekenen. Daarbij berekent het model hoeveel van die stoffen per hectare op bodem of gewas terechtkomt (depositie). Het model wordt sinds 1989 gebruikt om de relatie tussen de uitstoot van stoffen in Europa enerzijds en de concentratie of depositie van die stoffen anderzijds op de schaal van Nederland te bepalen.

Prognoses: het RIVM hanteert de term ‘prognoses’ als het gaat om toekomstige luchtkwaliteits- en depositiekaarten. Daarom spreken we in dit rapport van prognoses voor de verwachte depositie in de toekomst. Deze depositieprognoses zijn gebaseerd op de emissieramingen.

Ramingen: de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) gebruikt de term ‘ramingen’ als het gaat om toekomstige emissies van stikstof. In dit rapport gebruiken we de term ‘ramingen’ ook in deze betekenis.

Sector (economisch): de onderverdeling van uitstoot of depositie is gedaan op basis van hun (economische) sector. Omdat iedere (economische) sector andere bronkarakteristieken heeft die van invloed zijn op emissie en verspreiding, wordt in de modellen daarmee rekening gehouden.

Stikstofgevoelige natuur: plekken waar de kwaliteit van bepaalde soorten of habitattypen kan worden aangetast door de invloed van stikstofdepositie. Habitattypen en leefgebied van soorten worden tot stikstofgevoelige natuur gerekend als de KDW van het habitattype of leefgebied kleiner is dan 2400 mol/ha/jaar. In deze rapportage is alleen gebruikgemaakt van stikstofgevoelige natuur met instandhoudingsdoelstellingen in Natura 2000-gebieden.

Stikstofdepositie (of neerslag van stikstof): het neerslaan van stikstofhoudende stoffen uit de lucht op een oppervlak, zoals bodem, wateroppervlak, of vegetatie. Zie ook droge en natte depositie.

Stikstofoxiden (NO_x): een groep stoffen bestaande uit een stikstof atoom, en één of twee zuurstofatomen (NO en NO_2). Stikstofoxiden komen vooral vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Als stikstofoxiden (samen met bijvoorbeeld salpeterzuur; HNO_3) neerslaan dan noemen we dat geoxideerd stikstof (NO_y). De depositie van geoxideerd stikstof draagt bij aan verzuring en vermesting (eutrofiering).

Uitstoot: zie Emissie

Bijlage 2 Toelichting op de methodebeschrijving en gebruikte gegevensbronnen

Deze bijlage geeft een toelichting op de methodes, zoals beschreven in hoofdstuk 3 en op de gebruikte data.

B2.1 Berekening van de stikstofdepositie

Rekenmodel
Voor de berekeningen van stikstofdepositie wordt gebruik gemaakt van het OPS-model (RIVM, 2023d). OPS berekent de verspreiding van verontreinigende stoffen in de lucht (concentratie) en hoeveel van die stoffen neerslaan op bodem en vegetatie (depositie). De emissies in binnen- en buitenland zijn de primaire invoergegevens (zie B2.2). Daarnaast zijn achtergrondgegevens nodig voor deze berekeningen zoals meteo, landgebruik en gegevens over chemische processen in de lucht (zie onder).

Voor de berekeningen in deze rapportage is OPS versie 5.1.2.0 gebruikt. Een deel van de berekeningen is uitgevoerd met AERIUS Connect 2024. Dit is een digitale rekenomgeving die is ingericht voor stikstofberekeningen voor natuurgebieden. Berekeningen voor deze rapportage zijn uitgevoerd zonder ondergrens of maximale rekenafstand.

Achtergrondgegevens
De berekeningen kennen twee varianten: voor specifieke jaren en voor gemiddelde omstandigheden. Hieronder vallen de weersomstandigheden (meteo) en chemische conversiesnelheden van stoffen in de lucht.

Stikstofdepositie voor de historische reeks is berekend voor specifieke jaren, met specifieke meteorologische en chemische omstandigheden per jaar. Voor de achtergronddepositie en prognoses voor de toekomst en het bijbehorende referentiejaar zijn de gemiddelde weersomstandigheden gebruikt met chemische conversie die zijn afgeleid op basis van gemiddelde meteorologie.

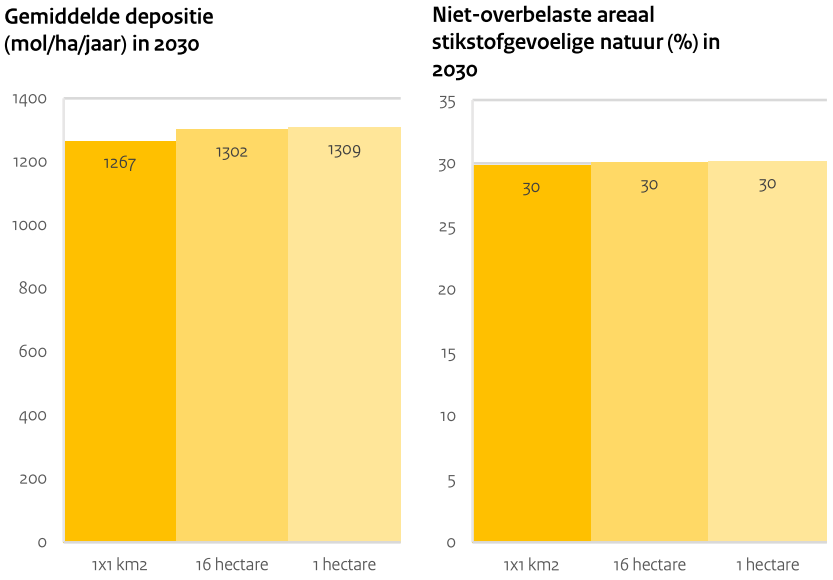
In OPS zijn voor historische jaren de specifieke meteogegevens beschikbaar en de lange-termijn gemiddelde meteogegevens voor de periode 2005-2014. Deze laatsten zijn toegepast voor de berekeningen met gemiddelde omstandigheden. In OPS zijn twee varianten van chemische omstandigheden beschikbaar: een variant die gebruikt wordt in combinatie met specifieke meteo- en één die gebruikt wordt met gemiddelde meteogegevens.

Tot slot zijn voor een berekening van de depositie landgebruik en terreinruwheid nodig. Voor alle berekeningen zijn dezelfde gegevens gebruikt. Deze zijn afgeleid van het Landelijk Grondgebruikbestand Nederland (LGN).

Resolutie en dekking
De resolutie van de gebruikte depositiekaarten verschilt: er zijn kaarten van 1 ha (0,01 km^2), 16 ha en 1 km^2 gebruikt. Het doel van de berekeningen in dit rapport is het in beeld brengen van de landelijke trend. Voor dat doel volstaat een berekening op een lagere resolutie: de resolutie heeft namelijk een beperkt effect op de landelijk gemiddelde cijfers en zorgen niet voor andere conclusies (Figuur 26).

Depositiekaarten worden ook gebruikt voor het in beeld brengen van regionale stikstofdepositie. Stikstofdepositie varieert sterk op korte afstand. Dit komt door de relatie met het landgebruik en de afstand tot emissiebronnen. Ook varieert de KDW op korte afstand door het detail in de habitatkaarten. Om dit detail goed te 'vangen', worden gedetailleerde kaarten gemaakt en gebruikt.

Bij het gebruik van onderliggende data in detail is de onzekerheid een aandachtspunt. De depositiewaarde op een individueel punt op de kaart heeft een grote onzekerheid. Dit geldt in hoge mate voor prognosekaarten, omdat de ligging van emissiebronnen in de toekomst onbekend is. Onzekerheden kunnen lokaal verder oplopen.



Figuur 26 Effect van resolutie van de kaarten op de gemiddelde depositie en het percentage niet overbelast areaal stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden in 2030.

B2.2 Emissiegegevens

Emissies van Nederlandse bronnen
Voor de berekening van de stikstofdepositie door Nederlandse bronnen is gebruikgemaakt van emissiegegevens per sector en per stof uit de Emissieregistratie (ER). Tabel 21 geeft een overzicht van de gebruikte gegevensbronnen van de binnenlandse emissies.

De depositie voor het laatste jaar uit de historische reeks is berekend met de emissietotalen van het jaar daarvoor. Dit komt omdat de cijfers over het laatste jaar nog niet beschikbaar zijn. Wel zijn de meteo- en meetgegevens van het laatste jaar gebruikt.

Emissieramingen van Nederlandse bronnen
Voor de emissieramingen (2025, 2030, 2035 en 2040) is gebruikgemaakt van de Klimaat- en Energieverkenning (KEV). De KEV onderscheidt twee beleidsvarianten: één variant met vastgesteld beleid en één met vastgesteld en voorgenomen beleid. Voor de depositieberekeningen zijn beide varianten gebruikt, maar wordt de nadruk gelegd op de variant met vastgesteld beleid, in lijn met de GCN- en GDN-kaarten (RIVM, 2024d). Aanvullend zijn de effecten van het voorgenomen beleid en de bandbreedte van deze ramingen op de depositie ingeschat.

De in dit rapport gebruikte emissieramingen voor Nederlandse emissies zijn in detail beschreven in de KEV 2022 (PBL et al., 2023). Beleid dat op peildatum 1 mei 2022 voldoende concreet was uitgewerkt, is meegenomen in deze ramingen. Beleid zonder concrete of met onvoldoende uitgewerkte maatregelen op die peildatum (zoals het Nationaal Programma Landelijk Gebied) is dus niet meegenomen.

De emissieramingen uit de KEV 2022 zijn geactualiseerd op basis van de nieuwste inzichten in emissies (reeks 1990-2021) van de Emissieregistratie (PBL, 2023). Daarmee zijn de ramingen in lijn met de cijfers die ten grondslag liggen aan dit rapport.

Ruimtelijke verdeling van Nederlandse emissiebronnen
In de ruimtelijke verdeling van emissies zijn onder meer gegevens over bedrijfslocaties van landbouwbedrijven en verkeersverdelingen verwerkt. Deze gegevens zijn belangrijk om de depositie te berekenen. De verdeling verschilt per jaar. Bijvoorbeeld door wijzigingen in dieraantallen of nieuw aangelegde wegen.

Op het moment van doorrekenen is de ruimtelijke verdeling voor het meest recente jaar uit de Emissieregistratie nog niet beschikbaar. Daarom wordt de ruimtelijke verdeling van een jaar eerder gehanteerd voor het berekenen van de depositie. Deze verdeling wordt ook toegepast om de ramingen ruimtelijk te verdelen.

Voor berekeningen van depositiekaarten op 1 km² (historische reeks) wordt gebruikgemaakt van emissiebronnen, geaggregeerd op 1 km² (landoppervlak) en 5 km² (op zee). Voor berekeningen op 1 of 16 hectare (achtergrond, referentie en prognoses) wordt voor een aantal emissiebronnen gedetailleerdere gegevens van de ruimtelijke verdeling van de emissies gebruikt:

- Landbouw stalemissie (puntbronnen die gemodelleerd zijn als 100x100 meter oppervlaktebronnen)
- Landbouw beweiden/bemesten (als vierkanten op 500 bij 500 meter)
- Wegverkeer, railverkeer, binnenvaart en recreatievaart (als lijnbronnen)

- Luchtvaart: Onder luchtvaart vallen verbrandingsemissies in de vluchtfase en alle verbrandingsemissies op het platform die niet te maken hebben met de vluchtfase. Emissies tijdens de vluchtfase zijn meegenomen tot 3000 voet, conform internationale afspraken. Grondactiviteiten op het platform worden als een puntbron weergegeven: 1 punt voor kleinere vliegvelden en meerdere punten voor Schiphol. Emissies tijdens de vluchtfase (starten en landen) worden als vlakken gepresenteerd op verschillende achtereenvolgende hoogtes.

Van individueel bekende bronnen, zoals bij Industrie, Energie en Afvalverwerking worden de precieze uitstootlocaties gebruikt.
Bij de berekeningen worden de bronnen van wegverkeer op afstand van de rekenpunten samengevoegd om rekentijd te besparen. De mate van aggregatie neemt toe met grotere afstand. Het effect op de resultaten hiervan is verwaarloosbaar.

Tabel 10 Gebruikte emissiegegevens van Nederlandse bronnen voor de depositiekaarten.

Data	Emissiejaar	Gegevensbron (publicatiejaar)
Emissies Historische reeks	2005-2022	ER 1990-2022 (2024)
Emissies Achtergrond	2022	ER 1990-2022 (2024)
Emissies Referentie	2020	ER 1990-2021 (2023)
Emissies Prognoses	2025, 2030, 2035, 2040	KEV 2022 (2023)
Ruimtelijke verdeling Nederlandse Emissies	2021	ER 1990-2021 (2023)[6]

Emissies van buitenlandse bronnen
Een onderdeel van depositieberekeningen is de bijdrage van buitenlandse bronnen. Om deze te berekenen, wordt gebruikgemaakt van verschillende gegevensbronnen. Tabel 11 geeft een overzicht van de gebruikte gegevensbronnen van buitenlandse emissies.

Cijfers over buitenlandse bronnen lopen vaak een jaar achter op de Nederlandse cijfers. In de berekeningen wordt altijd uitgegaan van de meest recent beschikbare emissiegegevens.

Deze emissies zijn gebaseerd op de 'Emissions as used by EMEP' van het Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP) en ramingen van het International Institute for Applied System Analysis (IIASA). CEIP voegt jaarlijks de emissies samen die landen onder de CLRTAP (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution) in de IIR-rapportages (Informative Inventory Report) voor voorbije jaren rapporteren. Deze zijn aangevuld en gecorrigeerd om ontbrekende informatie toe te voegen.

[6] Voor een aantal sectoren is afgeweken van de ruimtelijke verdeling die door Emissieregistratie is gepubliceerd voor de ER reeks 1990-2021. Het gaat hier om de sectoren koude start vrachtverkeer en de sectoren die ruimtelijk zijn verdeeld o.b.v. Landgebruik Nederland (LGN). Dit omdat er sinds de publicatie van Emissieregistratie verbeteringen zijn doorgevoerd in de betreffende ruimtelijke verdelingen.

Voor de bronnen op de Noordzee zijn de emissies afkomstig van de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek VITO (Campling et al., 2013).

Tabel 11 Gebruikte emissiegegevens voor buitenlandse bronnen voor depositiekaarten.

Data	Emissiejaar	Gegevensbron (publicatiejaar)
Emissies Historische reeks	2005-2021	CEIP 1990-2021 (2023)
Emissies Achtergrond	2021	CEIP 1990-2021 (2023)
Emissies Referentie	2020	CEIP 1990-2020 (2022)
Emissies Prognoses	2025, 2030, 2035, 2040	IIASA (2021)
Emissies Prognoses – (Internationale) scheepvaart buiten het NCP	2025, 2030, 2035, 2040	VITO (2013)
Ruimtelijke verdeling Emissies Duitsland	2019	UBA (2021)
Ruimtelijke verdeling Emissies België	2020	VMM (2023)
Ruimtelijke verdeling Emissies (Internationale) scheepvaart buiten het NCP	2014	MARIN (2016)
Ruimtelijke verdeling Emissies rest van Europa	2017	CAMS-REG v4.2 (2022)

Emissieramingen van buitenlandse bronnen
Voor de toekomstige buitenlandse emissies zijn de ramingen gebruikt uit het NAPCP-scenario van de "Second Clean Air Outlook" die IIASA in 2020 en 2021 (Amann et al., 2021) in opdracht van de Europese Commissie heeft opgesteld. Dit NAPCP-scenario houdt rekening met het vastgestelde beleid en de effecten van het additionele beleid dat landen in 2019 hebben gerapporteerd in hun nationale actieplannen, de zogenoemde *National Air Pollution Control Programmes (NAPCP's)*. Daarin geven landen aan hoe ze aan de nationale emissieplafonds (National Emission Ceilings, NEC) voor 2030 gaan voldoen. De Europese Commissie heeft deze plannen geanalyseerd en voldoende bevonden.

Voor de zeescheepvaart wordt onderscheid gemaakt tussen scheepvaart op het Nederlands Continentaal Plat (NCP)[7] en emissies daarbuiten. Voor het NCP zijn de ramingen afkomstig uit de KEV 2022. Voor het overige deel van de Noordzee wordt voor de jaren tot en met 2030 gebruikgemaakt van ramingen van de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) uit 2013 (Campling et al., 2013). Voor de prognoses over 2035 en 2040 worden de ontwikkelingen in stikstofemissies op het NCP overgenomen uit de KEV 2022 en toegepast op de ramingen van 2030 van VITO.

Ruimtelijke verdeling van buitenlandse emissiebronnen
De ruimtelijke verdeling (locaties) van buitenlandse emissiebronnen is gebaseerd op gegevens uit de CAMS-REG v4.2-database (Kuenen et al., 2022), aangevuld met gedetailleerde gegevens voor België en Duitsland.

[7] Het Nederlands Continentaal Plat is een gebied voor de kust van Nederland dat een oppervlakte van ca. 57 duizend vierkante kilometer omvat.

De CAMS-dataset bevat emissies van de jaren 2000 tot en met 2017 op een resolutie van 0,1 x 0,05 graden (circa 6 x 6 km). De meest recente emissies (2017) zijn omgezet naar bronbestanden op GNFR-sectorniveau. GNFR staat voor *gridded Nomenclature for Reporting* en is een standaardindeling die Europese landen in de rapportage van nationale emissies gebruiken.

Gedetailleerdere dataset langs de grens
Emissies langs de grens hebben een grote invloed op de deposities in Nederland. Voor België en Duitsland wordt daarom een gedetailleerdere dataset gebruikt voor de ruimtelijke verdeling van emissies.

Voor Duitsland zijn de emissies uit de GRETA-emissietool van de Duitse Umwelt Bundesambt (UBA) gebruikt (Schneider et al., 2016). Deze zijn op een resolutie van 1x1 km op GNFR-niveau beschikbaar, met als meest recente jaar 2020.

Voor België wordt de emissieverdeling gebruikt van de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM). De dataset van het VMM bevat emissies over het jaar 2020 voor heel België, in de GNFR-indeling. De emissies zijn beschikbaar op een resolutie van 1x1 km voor Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en op 5x5 km voor Wallonië. Voor de industrie en voor stallen in Vlaanderen en Brussel zijn gegevens op puntlocaties gebruikt in de berekeningen. Voor de berekeningen van de historische reeks zijn de emissies uit stallen geaggregeerd op 1x1 km.

Voor de (internationale) scheepvaart buiten het NCP wordt gebruikgemaakt van de ruimtelijke verdeling van het MARIN. De huidige ruimtelijke verdeling betreft de situatie in 2014 (MARIN, 2016).

De bronnen op afstand van de landsgrens met Nederland worden samengevoegd om rekentijd te besparen. De mate van aggregatie neemt toe met grotere afstand. Het effect op de resultaten hiervan is verwaarloosbaar.

Bronkarakteristieken
Naast gegevens over emissies zijn er voor de doorrekening naar deposities in OPS ook bronkarakteristieken nodig. Dit zijn kentallen over warmte-inhoud, uitstoothoogte, spreiding en etmaalvariatie van de emissiebron. Deze kentallen zijn bepaald per gcn-sector (Dröge & Koch, 2022).

Sectorindelingen en definities van emissies
Hoofdstuk 4 presenteert de emissies. De sectorenindeling voor de Nederlandse emissies is volgend de nationale definitie voor de emissies op Nederlands grondgebied, en ook in lijn met de rapportage van prognoses van luchtverontreinigende stoffen. Dit is een andere indeling dan de Europese definitie, die de Emissieregistratie gebruikt voor internationale rapportages (Informative Inventory Report, kortweg IIR).

De Europese definitie wordt gebruikt voor de toetsing aan de emissiereductiedoelen uit EU-richtlijnen en voor de rapportages van Nederland aan internationale instanties.

De nationale definitie voor de emissies op Nederlands grondgebied gebruikt het RIVM voor de modellering van de luchtkwaliteit en de stikstofdepositie. Deze definitie geeft een beter beeld van de emissies die werkelijk plaatsvinden binnen de landsgrenzen, en zijn dus geschikter voor deze toepassing.

Het belangrijkste verschil tussen beide methoden is dat de Europese definitie emissies door de zeescheepvaart op het Nederlands Continentaal Plat en de emissies van stikstofoxiden en niet-methaanvluchtige organische stoffen door de landbouw afkomstig van dierlijke mest, kunstmestgebruik en gewasresten, niet meeneemt in het totaal. Daarnaast worden de emissies door het wegverkeer en de visserij volgens de EU-definitie berekend op basis van in Nederland verkochte brandstof (‘fuel sold’). Het totaal op Nederlands grondgebied wordt berekend op basis van in Nederland verbruikte brandstof ('fuel used’).

Voor het buitenland wordt gebruikgemaakt van de Europese definitie van emissies. Zoals hierboven beschreven, verschilt de Europese definitie van de nationale definitie, vooral bij de zeescheepvaart. De buitenlandse emissies gepresenteerd in hoofdstuk 4.6 bevatten daarom geen zeescheepvaart (ook niet voor de Nederlandse cijfers die ter referentie bij de buitenlandse cijfers zijn getoond).

Hoofdstuk 5 presenteert de depositiecijfers per sector. De indeling is voor een groot deel gelijk aan de indeling die hoofdstuk 4 gebruikt. Het verschil is dat alleen de belangrijkste (sub)sectoren in termen van depositiebijdrage worden getoond. Zo zijn bijvoorbeeld de sectoren Industrie en Energie samengevoegd en vallen Huishoudens, Diensten en Bouw onder de sector ‘Overig’.

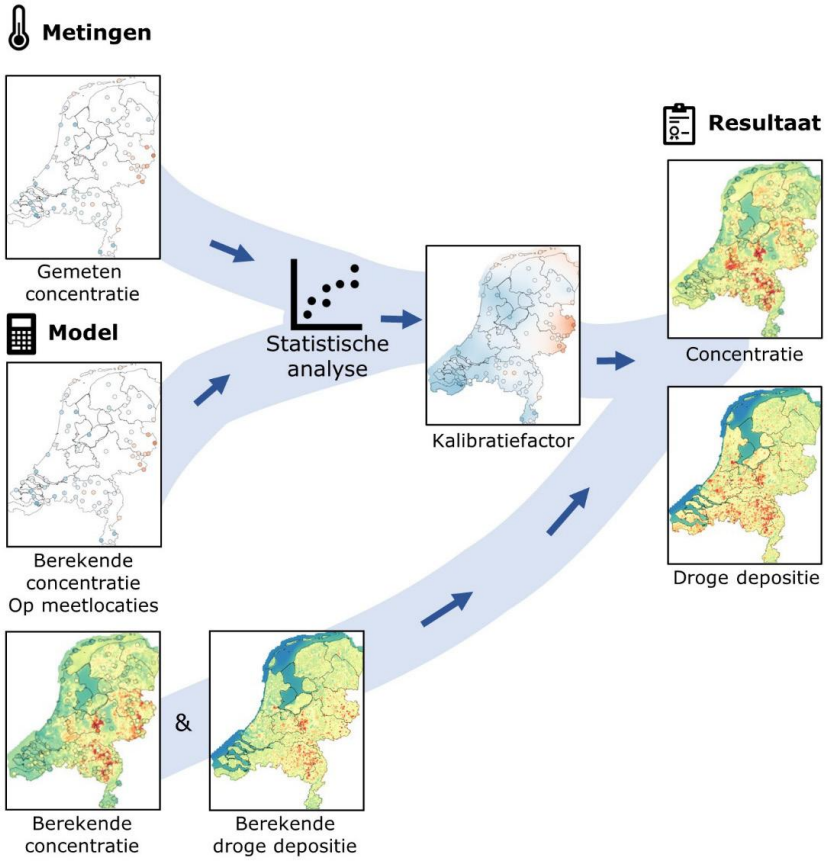
B2.3 Kalibratie van de berekeningen aan metingen

De uitkomsten van de berekeningen worden gekalibreerd aan metingen van de concentratie en depositie. Zo sluit het uiteindelijke resultaat zo goed mogelijk aan bij gemeten waarden. De kalibratie wordt toegepast op de totale depositie per component (NO_y en NH_x).

De depositie die is berekend, wordt vermenigvuldigd met een kalibratiefactor om tot de totale, gekalibreerde depositie te komen. Per component van de depositie (droge en natte depositie van NH_x en NO_y) is gekozen voor de methode die het beste aansluit bij het aantal beschikbare metingen:

- Voor de droge depositie van ammoniak is een kalibratie toegepast op basis van concentratiemetingen van het MAN en LML. In feite wordt de berekende concentratie gekalibreerd, en dit werkt door in de waarde van de droge depositie. Bij deze kalibratie wordt het verschil tussen metingen en berekeningen per meetlocatie ruimtelijk geïnterpoleerd via de statistische methode Kriging, waardoor de kalibratiefactor verschilt van plek tot plek (Figuur 27, zie RIVM (2020) voor een volledige beschrijving van de methode). Naast concentratiemetingen zijn ook metingen van droge depositie beschikbaar. Deze worden gebruikt bij onderzoek en verbeteringen van het rekenmodel, maar zijn niet geschikt voor kalibratie van de berekeningen.

- De natte depositities van ammoniak en stikstofoxiden zijn gekalibreerd met constante kalibratiefactoren gebaseerd op metingen van concentraties in regenwater van het LML.
- De droge depositie van stikstofoxiden wordt niet gekalibreerd. De depositie van NOy bestaat namelijk uit meerdere componenten. Voor maar een deel van deze componenten zijn metingen beschikbaar (voornamelijk NO en NO_2).



Figuur 27 Schematisch overzicht van de ruimtelijke kalibratie van de concentratie en droge depositie van ammoniak.

Voor de kalibratie is gebruik gemaakt van de metingen van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN, https://man.rivm.nl) en het Landelijk Meetnetwerk Luchtkwaliteit (LML, https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-luchtkwaliteit).

De metingen uit het LML zijn nauwkeuriger dan die uit het MAN. Daarom worden de metingen uit het MAN geijkt aan die uit het LML (Noordijk et al., 2020). De metingen uit de meetnetten worden omgerekend naar jaargemiddelde waarden ten behoeve van de kalibratie van de jaargemiddelde depositiecijfers. Soms zijn meetlocaties tijdelijk uitgevallen of blijken metingen onbruikbaar te zijn, bijvoorbeeld omdat de meetlocaties verstoord waren. De ontbrekende concentratiemetingen

worden dan in de tijdserie opgevuld. Dit gebeurt met behulp van imputatie, op voorwaarde dat minimaal 7 van de 12 maanden van dat jaar metingen wel beschikbaar zijn. Het ontbreken van metingen heeft zo geen groot effect op de kalibratie.
De natte depositie wordt berekend met de op de meetlocatie gemeten neerslag. Ontbrekende waarden worden aangevuld met gegevens van de dichtstbijzijnde KNMI-meetstations. Meetlocaties waar minder dan 75 procent van de totale neerslag in een jaar is gemeten worden niet gebruikt voor de kalibratie van de berekeningen.

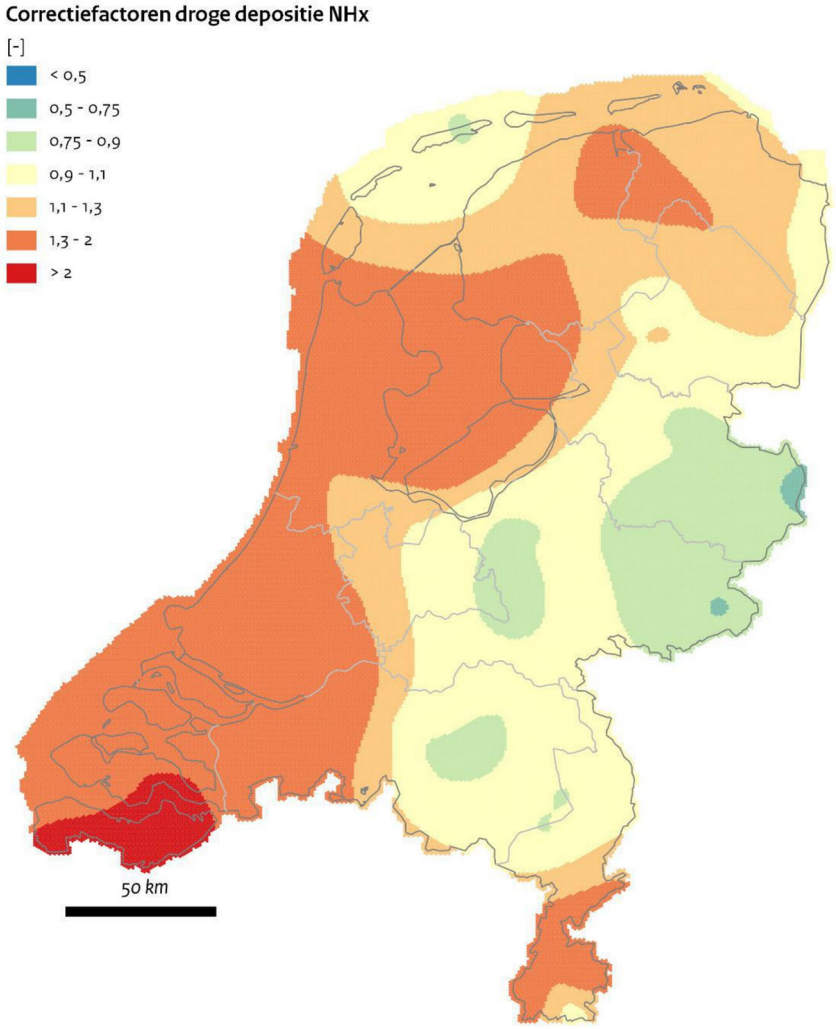
Voor de historische jaren is gebruikgemaakt van metingen van de betreffende jaren. Zo worden jaarlijkse variaties in emissies en weersomstandigheden meegenomen. Voor de berekeningen op basis van gemiddelde weersomstandigheden is gebruik gemaakt van de gemiddelde kalibratie over een periode van vijf jaar. Met deze kalibratie wordt gecorrigeerd voor het gemiddelde verschil tussen berekende en gemeten concentraties over deze vijf jaren. Zo worden vergelijkingen tussen referentiejaren en prognosejaren minder gevoelig voor fluctuaties van jaar tot jaar.

Naast het verschil tussen metingen en berekeningen betreft de kalibratie ook de bijdrage van ammoniak van zee. In 2014 bleek uit onderzoek dat concentraties ammoniak langs de kust structureel worden onderschat. Op basis van een algenkaart zijn emissies van ammoniak op zee toegevoegd. Het verschil tussen modelberekeningen en metingen aan de kust is daardoor significant kleiner geworden. Omdat deze bijdrage in feite een correctie tussen gemeten en berekende concentraties betreft, is dit onderdeel van de kalibratie. Momenteel doen we onderzoek naar de bijdrage van ammoniakemissies van zee en hoe we hiermee moeten omgaan (RIVM, 2023b).

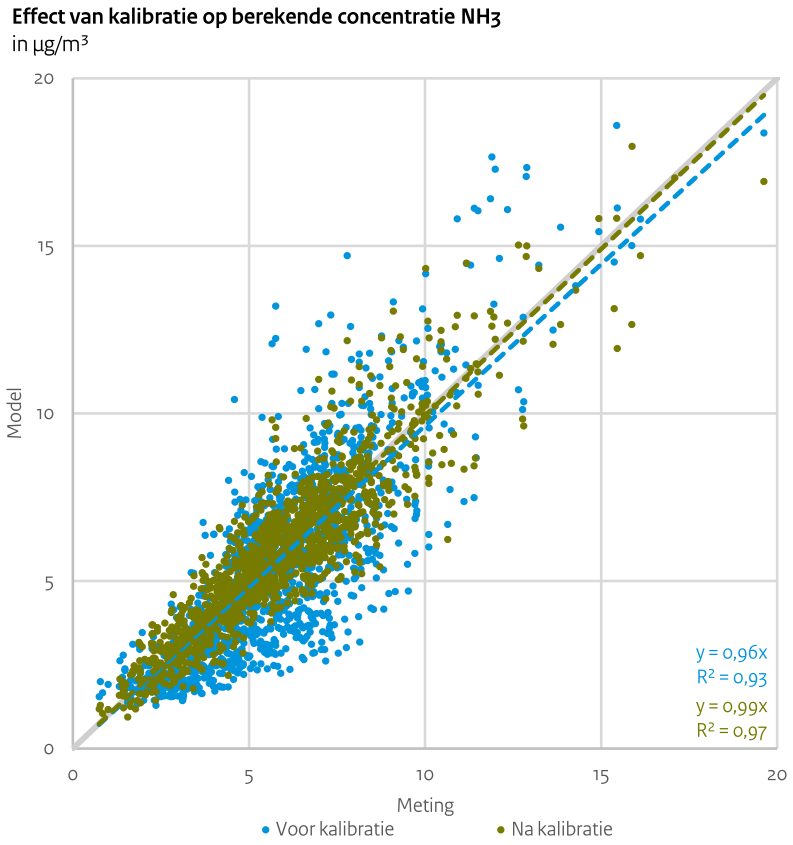
Resultaten kalibratie
De kalibratiefactoren voor de gegevens uit deze rapportage staan in Tabel 12. Figuur 28 toont de ruimtelijke variatie van kalibratiefactoren voor de achtergrondkaart (berekening op basis van gemiddelde weersomstandigheden). In het oosten van het land worden de berekende concentraties NH_3 en daarmee de berekende droge depositie van NH_x omlaag bijgesteld door kalibratie. In het westen van het land en in het zuiden van Limburg omhoog. Figuur 29 toont het verschil in metingen en berekeningen voor de concentratie ammoniak vóór en na kalibratie. Uit deze figuur blijkt dat de gekalibreerde modelresultaten dichter bij de metingen liggen dan zonder de kalibratie.

Tabel 12 Overzicht van de kalibratiefactoren voor de verschillende componenten van de stikstofdepositie per jaar uit de historische reeks. En voor de periode 2018-2022 welke gebruikt is voor de berekeningen op basis van gemiddelde weersomstandigheden. Voor droge depositie van NH_x wordt gebruikgemaakt van een ruimtelijke kalibratie. In de tabel is deze kalibratie samengevat met mediaan van de kalibratiefactor en het minimum en maximum tussen haken.
[1]De factoren voor de prognosekaarten zijn niet gewijzigd ten opzichte van vorig jaar en zijn op basis van 2017-2021.

Jaar	**NO_y natte depositie**	**NH_x natte depositie**	**NH_3 concentratie / NH_x droge depositie**
2005	0,82	1,25	0,86 (0,53 - 1,75)
2006	0,66	1,03	0,79 (0,49 – 2,00)
2007	0,75	1,03	0,86 (0,48 - 1,61)
2008	0,74	1,02	0,94 (0,57 - 2,05)
2009	0,68	0,99	0,87 (0,55 - 1,69)
2010	0,76	1,08	0,80 (0,53 - 1,43)
2011	0,74	0,98	0,91 (0,61 - 1,60)
2012	0,78	1	1,06 (0,62 - 1,65)
2013	0,75	0,99	1,03 (0,58 - 1,63)
2014	0,71	0,96	1,14 (0,62 - 1,79)
2015	0,72	1,04	0,96 (0,54 - 1,69)
2016	0,68	0,98	1,01 (0,57 - 1,91)
2017	0,64	1,03	1,04 (0,58 - 2,06)
2018	0,72	1,1	1,23 (0,69 - 2,14)
2019	0,72	1,01	1,30 (0,72 - 2,16)
2020	0,66	0,93	1,16 (0,64 - 2,09)
2021	0,78	1,09	1,09 (0,58 - 2,03)
2022	0,69	0,93	1,00 (0,59 - 1,82)
2023	0,74	0,87	0,91 (0,50 - 1,71)
2018-2022	0,85	1	1,23 (0,71 - 2,28)
2017-2021[1]	0,82	0,99	1,18 (0,71 - 2,14)



Figuur 28 Correctiefactoren droge depositie NH_x gebaseerd op het 5-jarig verschil tussen modelresultaten en metingen voor de jaren 2018 t/m 2022. Deze kaart is gebruikt voor de correctie van de kaart over 2022 op basis van gemiddelde meteorologische omstandigheden. Een correctiefactor groter dan 1 betekent dat de berekende depositie moet worden verhoogd om tot de metingen te komen.



Figuur 29 Vergelijking berekende ammoniakconcentraties met metingen. In blauw de ruwe modelresultaten berekeningen voor kalibratie en in groen na kalibratie. Ieder punt is een meetlocatie. Getoond zijn de jaren 2018 tot en met 2022.

B2.4 Berekening van de gemiddelde depositie en overschrijding

De berekende depositiebijdragen zijn representatief voor 1 ha, 16 ha of 1 km^2 rondom het rekenpunt. Depositiewaarden zijn vaak per Natura 2000-gebied of landelijk gemiddeld weergegeven. Dit betreft een gewogen gemiddelde op basis van het gekarteerde oppervlak. Ook voor de bepaling van de overschrijding van de KDW wordt deze weging toegepast.

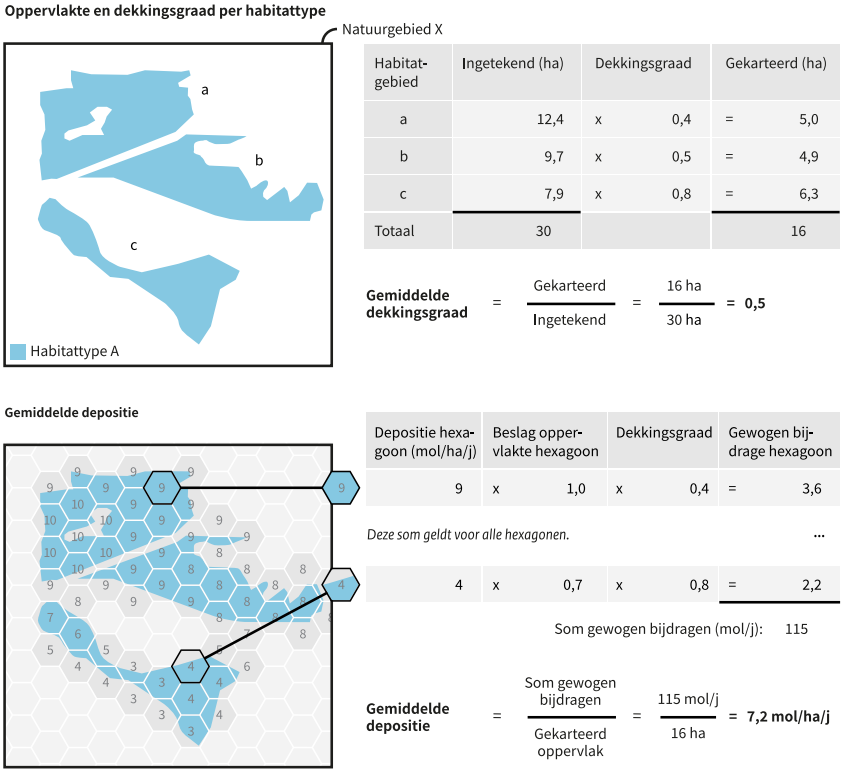
Weging gekarteerde oppervlak
Voor de bepaling van de gemiddelde depositie of overschrijding is het gekarteerde oppervlak het uitgangspunt. Dat is het oppervlak in het natuurgebied waar het habitat daadwerkelijk voorkomt.

Het gekarteerde oppervlak wordt bepaald door de oppervlakte van het ingetekende polygoon te nemen, en dat te vermenigvuldigen met de dekkingsgraad van het habitat. Het totale gekarteerde oppervlak van een habitat in een natuurgebied is de som van alle stukjes gekarteerd

oppervlak binnen het natuurgebied. Figuur 30 illustreert hoe de dekkingsgraad en de gemiddelde depositie worden bepaald.

Bij het bepalen van de gemiddelde depositie berekenen we eerst de gewogen depositiebijdrage. Dat doen we door de depositie te vermenigvuldigen met het gekarteerde oppervlak binnen de berekende km^2 of hectare. Vervolgens tellen we al deze gewogen bijdragen op, en delen we dit door het totale gekarteerde oppervlak. Het resultaat is een gemiddelde depositie, waarbij iedere vierkante meter gekarteerd oppervlak even zwaar meetelt. Grote gebieden hebben hierdoor meer invloed op de uitkomst dan kleine gebieden.

Voor het bepalen van de gemiddelde overschrijding wordt dezelfde methode toegepast, maar in plaats van depositie wordt in deze berekening de overschrijding van de KDW gebruikt.



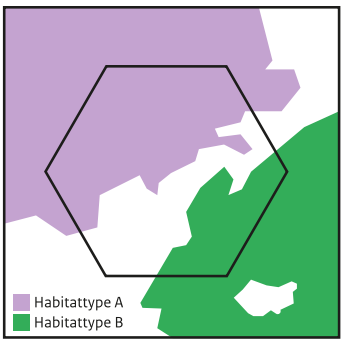
Figuur 30 Een illustratie van de werkwijze voor het bepalen van de gemiddelde dekkingsgraad en de gemiddelde depositie in een natuurgebied, waarbij gebruik wordt gemaakt van de gewogen gemiddeldes.

Oppervlak onder de KDW

Wanneer de stikstofdepositie in stikstofgevoelige natuur hoger is dan de kritische depositiewaarde (KDW), is sprake van overschrijding. Binnen elk oppervlak in de Natura 2000-gebieden waarvoor depositie is berekend wordt per stikstofgevoelige habitat het gekarteerde oppervlak berekend. Vervolgens wordt het percentage berekend van het totale

gekarteerde oppervlak dat onder de KDW blijft ten opzicht van het totale gekarteerde oppervlak.

Ligging en oppervlakte van habitattypen



De stikstofdepositie op dit hexagoon is 1.000 mol/j. De kritische depositiewaarde (KDW) van habitat A is 900, van B 1.200. Bij A is dus sprake van matige overbelasting, bij B geen overbelasting.

Habitattype	Gekarteerde oppervlakte (ha) *(binnen dit hexagoon)*	Niet overbelast (ha) *(binnen dit hexagoon)*
A	0,55	-
B	0,24	0,24
Totaal *(binnen dit hexagoon)*	0,79	0,24

Omgevingswaarde = $\frac{\text{Niet overbelast}}{\text{Totaal}} = \frac{0{,}24}{0{,}79} \approx$ **30%**

Figuur 31 Illustratie van de berekening van het oppervlak onder KDW. Voor berekeningen op basis van depositiekaarten op km² resolutie is dezelfde methode gebruikt.

B2.5 Natuurgegevens

De natuurgegevens die in deze rapportage zijn gebruikt, zijn:

- De grenzen van de Natura 2000-gebieden (LNV, versie 1 april 2022).
- Kritische depositiewaarden per stikstofgevoelig habitattype of leefgebied (LNV, versie 16 mei 2023).
- De doelstellingen voor habitattypen en soorten (LNV, natura2000.nl, versie 25 mei 2022).
- De habitatkaarten (BIJ12, 2024). Deze kaarten bevatten voor de Natura 2000-gebieden de voorkomende (gekarteerde) habitattypen en eventueel het aanvullend stikstofgevoelige leefgebied van soorten.
- De relatie tussen soorten en leefgebieden; deze beschrijft van welke leefgebieden soorten afhankelijk zijn (BIJ12, versie 14 juli 2020).

De prognosekaarten in dit rapport zijn niet opnieuw berekend, voor deze kaarten zijn dezelfde habitatkaarten als vorig jaar gebruikt.

Welke habitats zijn meegenomen?
Niet alle habitats worden meegenomen in de berekeningen, alleen de stikstofgevoelige habitats die van belang zijn voor de Vogel- en Habitatrichtlijn zijn meegenomen (Figuur 32).

Bij Natura 2000-gebieden die zijn aangewezen op basis van de Vogelrichtlijn (VR) is worden de habitats meegenomen die onderdeel zijn van een leefgebied van een aangewezen vogelsoort. Bij Natura 2000-gebieden die zijn aangewezen op basis van de Habitatrichtlijn (HR) worden habitats meegenomen als het een aangewezen habitattype, een onbekend habitattype, of het leefgebied van een aangewezen habitatsoort is. Habitats zijn stikstofgevoelig wanneer hun KDW kleiner is dan 2400 mol/ha/jr.



Figuur 32 Schematische weergave van een Natura 2000-gebied waarin natuur als stikstofgevoelig (blauw) of niet-stikstofgevoelig (grijs) is aangemerkt.

Bijlage 3 Verschillen ten opzichte van het vorige rapport

De gegevens worden elk jaar geactualiseerd. Zo ontstaat een zo actueel mogelijk beeld van de stikstofdepositie. Hierdoor wijzigen de resultaten ieder jaar. Deze bijlage beschrijft de effecten van updates en nieuwe inzichten.

B3.1 Effect van nieuwe inzichten en gegevens

Tabel 13 beschrijft welk effect actualisatie heeft op de berekende stikstofdepositie en oppervlakte onder de KDW ten opzichte van rapportage 2023. In onderstaande tekst zijn de oorzaken van deze verschillen verder toegelicht.

Tabel 13 Opbouw van de verschillen op de berekende stikstofdepositie en oppervlakte onder de KDW tussen rapportage 2023 en rapportage 2024. De cijfers zijn getoond voor de berekeningen voor het meest recente jaar waarvoor emissies bekend zijn (2021 in rapportage 2023, 2022 in rapportage 2024) en zijn op basis van gemiddelde weersomstandigheden. De effecten van de afzonderlijke wijzingen geven een beeld van de onderlinge verhoudingen. De effecten tellen niet op door afronding en omdat wijzigingen ook effect hebben op elkaar.

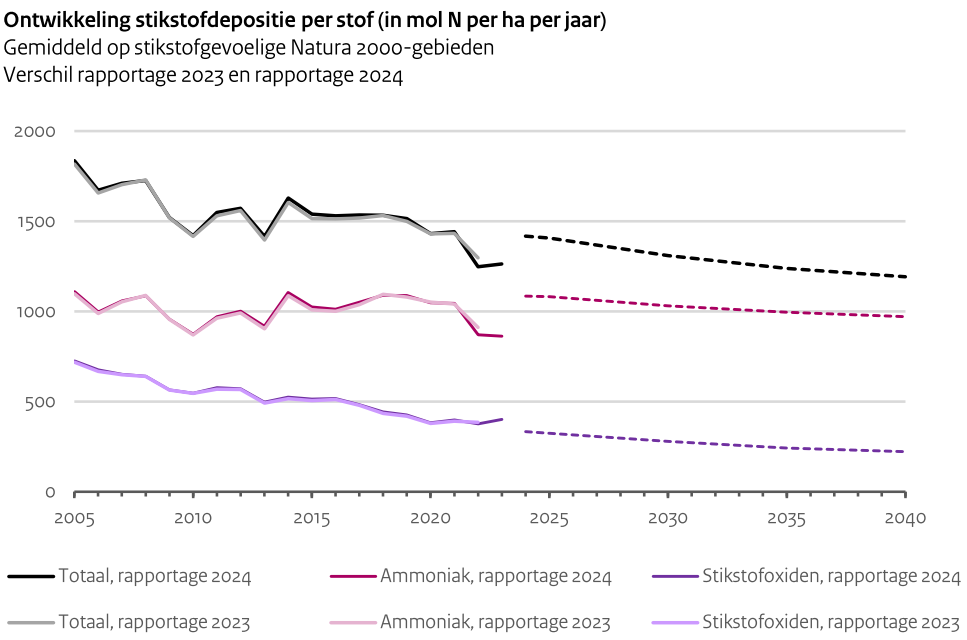
	Depositie (mol/ha/jaar)		**Oppervlakte onder KDW (percentage)**	
Rapportage 2023	**1443**		**28**	
Nieuwe emissiegegevens		- 24		0
Recentere metingen		+ 14		0
Totaal verschil depositie	**1433**	**- 11**	**28**	**0**
Update habitatkaart		-6		0
Rapportage 2024	**1427**	**-16**	**28**	**0**

De berekende stikstofdepositie en overschrijding van de kritische depositiewaarde is ongeveer gelijk met die van vorig jaar (Tabel 13). De depositie is gemiddeld 16 mol/ha/jaar lager dan vorig jaar (op basis van gemiddelde weersomstandigheden en het laatste jaar aan emissies, Figuur 33). Lokaal kunnen de nieuwe gegevens leiden tot een (grotere) stijging of een daling in de depositie (Figuur 34). Dit komt door zowel de wijzigingen in (de ruimtelijke verdeling van) emissies in combinatie met de nieuwe metingen. Omdat de verschillen in depositie beperkt zijn, is het berekende oppervlak onder de KDW voor 2022 hetzelfde als voor 2021 in het rapport vorig jaar (op basis van gemiddelde weersomstandigheden).

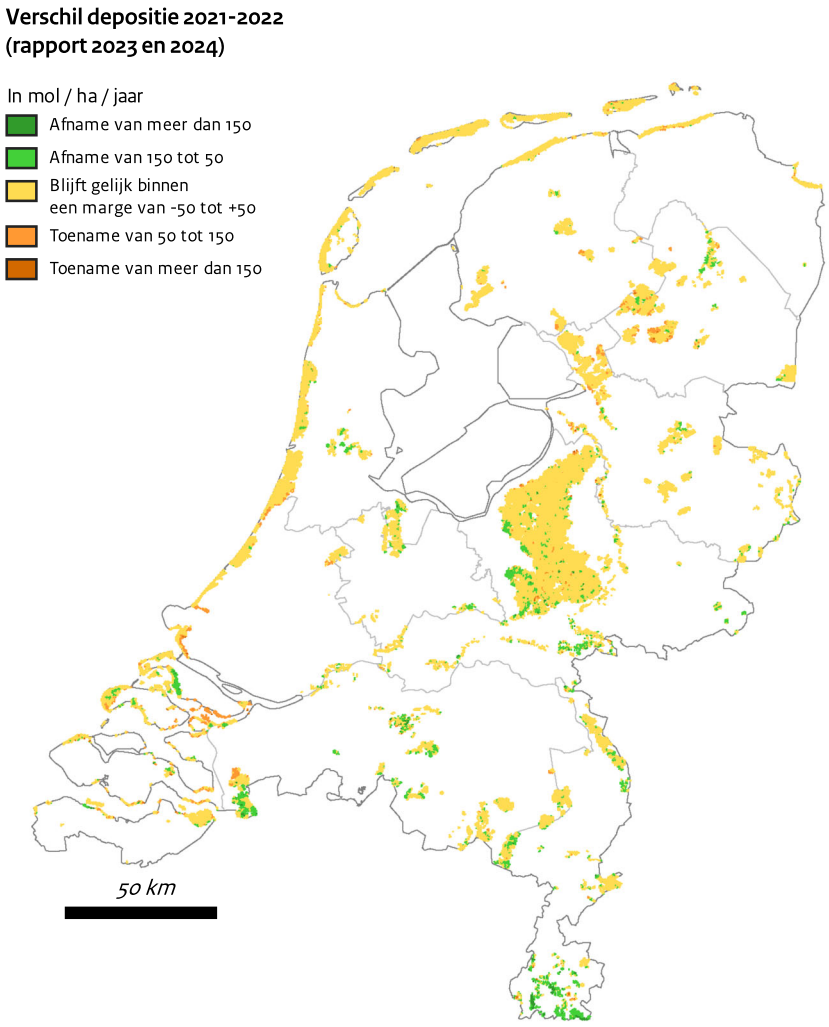
Voor de historische reeks is de berekende depositie voor de periode 2005-2021 vergelijkbaar: over deze periode zijn de berekende gemiddelde deposities 0 tot 25 mol/ha/jaar hoger dan vorig jaar. De belangrijkste oorzaken voor de verschillen met vorig jaar zijn actualisaties van emissiegegevens en achtergrondgegevens voor het model, waaronder de gewijzigde chemische conversie.

Voor het jaar 2022 uit de historische reeks is de depositie ongeveer 50 mol/ha/jaar lager dan vorig jaar is berekend. Dit komt vooral doordat in OPS voor 2022 recentere meetgegevens gebruikt zijn voor de achtergrondconcentratie van ammoniak. De achtergrondconcentraties hebben een relatief grote invloed op de berekende droge depositie van ammoniak. Omdat de metingen over 2022 hoger zijn dan de voorheen in OPS beschikbare gegevens over 2021, zijn ook de achtergrondconcentraties hoger. Hierdoor is de droge depositie van ammoniak lager.

De berekende overschrijding van de KDW voor de periode 2005-2021 is ongeveer 0 tot 20 mol/ha/jaar hoger dan in het rapport van vorig jaar. Het percentage areaal met een depositie onder de KDW is door de actualisatie voor de gehele reeks vrijwel gelijk aan vorig jaar (de verschillen zijn afgerond maximaal 1 procentpunt).



Figuur 33 Ontwikkeling van stikstofdepositie uit rapportage 2023 (lichte tinten) en de huidige rapportage (donkere tinten).



Figuur 34 Verschillen in de berekende depositie tussen 2022 (huidige rapportage) en 2021 (vorige rapportage), op basis van gemiddelde weersomstandigheden.

B3.2 Nieuwe gegevens emissies

Ieder jaar worden de emissies geactualiseerd aan de hand van de meest recente beschikbare gegevens. Ten opzichte van de vorige rapportage zijn de emissies in binnen- en buitenland gewijzigd, waarover hieronder meer details worden beschreven. Door het gebruik van nieuwe gegevens is de berekende depositie (niet gekalibreerd) gemiddeld ongeveer 25 mol/ha/jaar lager voor het meest recente jaar, op basis van berekeningen met gemiddelde weersomstandigheden.

B3.2.1 Nederlandse emissies

Jaarlijks worden de Nederlandse emissies geactualiseerd naar de laatste vastgestelde reeks van de Emissieregistratie. Dat betekent dat in deze

rapportage het laatste jaar van de Emissieregistratie geactualiseerd is van 2021 naar 2022 (volgens ER-reeks 1990-2022). De ruimtelijke verdelingen van die emissies over Nederland zijn geactualiseerd conform ER-reeks 1990-2021. Deze loopt een jaar achter ten opzichte van de emissietotalen.

Methodewijzigingen Nederlandse emissietotalen
Hieronder volgt in grote lijnen een overzicht van de methodewijzigingen om te komen tot de Nederlandse emissietotalen van ammoniak en stikstofoxiden: [8]

- Landbouw: binnen de sector Landbouw zijn kleine veranderingen doorgevoerd in de emissieberekeningen. Hierdoor zijn de emissies van landbouw hoger ingeschat in de nieuwe reeks (4 procent voor ammoniakemissies en 2 procent voor emissies van stikstofoxiden).
- Wegverkeer: de emissies door de koude start van wegverkeer werden te laag ingeschat. Dit inzicht is verwerkt in de emissiecijfers van wegverkeer.
- Binnenvaart: de emissies van binnenvaart zijn op een andere manier berekend. Dit jaar wordt voor het eerst gebruikgemaakt van real-time snelheidsgegevens op basis van AIS-signalen (Automatic Identification System).

Methodewijzigingen ruimtelijke verdelingen Nederlandse emissies
In grote lijnen zijn in de ruimtelijke verdelingen de volgende wijzigingen geweest: [9]

- Landbouw, stal- en opslagemissies: de verdeling van emissies uit stallen en via opslag van dierlijke mest is geactualiseerd. Dit is op basis van de meest recente Geografische Informatie Agrarische Bedrijven (GIAB) gebeurd. Dit bestand wordt samengesteld door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) in samenwerking met Wageningen Environmental Research (WenR). Het bestand bevat de locatie, staltypen en het aantal dieren van alle agrarische bedrijven in Nederland.
- Landbouw, beweiding en mestaanwending: de verdeling van emissies van beweiding en mestaanwending is geactualiseerd. Deze verdeling is gebaseerd op het door WenR ontwikkelde model Initiator. Hierin zijn de meest recente gegevens over de productie en de toepassing van de diverse mestsoorten verwerkt.
- Landgebruik agrarisch en natuur: deze verdeling wordt onder andere toegepast voor emissie door gebruik van landbouwvoertuigen, emissie uit gewasresten en emissie uit natuurlijke vegetatie. De verdeling is gebaseerd op gegevens over het landgebruik in Nederland. Eerder werd hiervoor gebruikgemaakt van LGN7, met als basisjaar 2011. Dit is geactualiseerd naar LGN2021.

Voor andere sectoren hebben ook methodewijzigingen en actualisaties van de ruimtelijke verdeling plaatsgevonden, die een wat beperktere impact hebben op wijzigingen in de depositie en staan toegelicht in RIVM (2024d). Het gaat hierbij o.a. om de ruimtelijke verdeling van

[8] Voor meer informatie zie RIVM (2024d). Een volledig overzicht van de wijzigingen staat op de website van Emissieregistratie: https://www.emissieregistratie.nl/data/methodewijzigingen/luchtverontreinigende-stoffen.
[9] Voor meer informatie zie RIVM (2024d).

emissies van wegverkeer (koude start), zeescheepvaart en visserij, groenafvalverwerking, mestbewerking en -vergisting en emissies van individuele bedrijven.

Wijziging in sectorindeling
Er heeft een wijziging in de indeling van *particuliere landbouwhuisdieren* en *mestafzet op natuurterreinen en bij particulieren* plaatsgevonden. In de vorige reeks waren deze onderdeel van consumenten. In de nieuwe reeks zijn ze onderdeel van landbouw. In dit rapport is deze wijziging in indeling ook toegepast op de prognosecijfers. Deze zijn niet opnieuw berekend, de totalen zijn hetzelfde.

Verschillen in emissietotalen
Behalve methodische wijzigingen die voor de gehele ER-reeks zijn toegepast, is er ook een nieuw emissiejaar toegevoegd in de nieuwe ER-reeks (2022).[10]

De totale ammoniakemissies in 2022 uit de nieuwe emissiereeks zijn circa 0,7 kton (1 procent) lager dan de emissies in 2021 uit de vorige emissiereeks. Dit komt door nieuwe inzichten die tot hogere emissies leidden (+1,5 kton) en een daling tussen 2021 en 2022 in de nieuwe reeks (-2,2 kton). Deze daling komt door een daling in de landbouwemissies, vooral als gevolg van een afname van de hoeveelheid ruw-eiwit in het melkveevoerrantsoen, een lichte toename van aandeel luchtwassers bij fokvarkens en lager gebruik van kustmeststoffen door een stijging van de energieprijzen.

De totale emissie van stikstofoxiden is in 2022 uit de nieuwe emissiereeks circa 11,1 kton (4 procent) lager dan de emissies in 2021 uit de vorige emissiereeks. Door nieuwe inzichten is het cijfer van 2021 in de nieuwe reeks gedaald met 3,9 kton. Door ontwikkelingen in de sectoren is de emissies in de nieuwe reeks tussen 2021 en 2022 gedaald met 7,2 kton. De afname van emissies is in alle sectoren zichtbaar, met name in de sector Mobiliteit door emissie-eisen aan personenauto's en vrachtverkeer (Euro-normen).

B3.2.3 Buitenlandse emissietotalen

Voor de buitenlandse emissies wordt gebruikgemaakt van de emissietotalen uit de emissiereeks van het EMEP Centre of Emission Inventories and Projections (CEIP, 2023). Het laatste jaar hiervan is 2021. Dit was in het vorige rapport 2020.

De totale hoeveelheid emissies van ammoniak in België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk zijn in de nieuwe emissiereeksen vergelijkbaar met die van vorig jaar (verschillen tot 3 procent). Voor stikstofoxiden zijn de emissiereeksen vergelijkbaar voor België, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk (verschillen tot 3 procent). Voor Frankrijk zijn de emissies van stikstofoxiden tussen de 5 en 12 procent hoger dan vorig jaar. Deze stijging komt vooral door een methodische wijziging in de berekening van emissies van stikstofoxiden uit landbouwbodems (CITEPA, 2023b).

[10] Zie voor meer informatie https://www.emissieregistratie.nl/data/overzichtstabellen-lucht/luchtverontreinigende-emissies

B3.3 Overige nieuwe inzichten en updates

B3.3.1 Update rekenmodel

Er zijn geen methodische aanpassingen gedaan aan het rekenmodel OPS. Wel zijn de volgende benodigde achtergrondgegevens geactualiseerd:

- Metingen voor NH_3 over 2022 zijn bekend, waardoor de achtergrondconcentratiekaart voor NH_3 is geactualiseerd voor 2022 (trendfactor in OPS). Dit heeft effect op de historische kaart voor het jaar 2022.
- Gegevens over meteostatistiek en chemische conversiesnelheden voor 2023 zijn toegevoegd om berekening voor dat jaar mogelijk te maken.
- Voor de historische reeks zijn de chemische conversiesnelheden voor elk jaar vanaf 2005 opnieuw afgeleid met de laatste versie van EMEP, versie 4.45. Deze update bevat verbeterde modelbeschrijvingen voor reactieprocessen in de atmosfeer en een update van de meteogegevens in EMEP. Deze update heeft alléén effect op de berekeningen voor historische jaren.

B3.4 Kalibratie aan metingen

De depositiekaarten worden gekalibreerd aan de hand van metingen om zo goed mogelijk de werkelijkheid te beschrijven en systematische verschillen tussen model en meting te corrigeren.

De methodiek voor het kalibreren van de kaarten met behulp van metingen is niet gewijzigd. Wel zijn voor de kalibratie recentere metingen gebruikt en wijzigt het resultaat van de kalibratie doordat rekenresultaten wijzigen.

B3.4.1 Voor berekeningen met gemiddelde weersomstandigheden

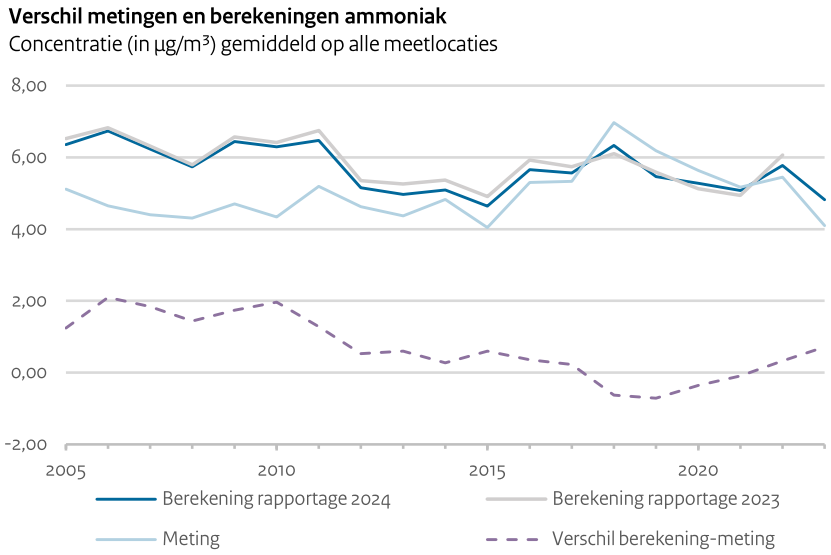
De kalibratie van de kaarten op basis van gemiddelde weersomstandigheden wordt uitgevoerd met metingen voor vijf jaren. Deze periode is 2018-2022 (vorig jaar 2017-2021). Voor de nieuwe periode is het verschil tussen gemeten en gemodelleerde concentratie en depositie anders. De kalibratie is voor de achtergrondkaart ongeveer 15 mol/ha/jaar hoger dan vorige ronde, dit komt grotendeels doordat de berekende (gekalibreerde) concentratie en depositie lager uitvalt.

B3.4.2 Voor historische jaren (specifieke weersomstandigheden)

In de eerdere jaren zijn modelberekeningen hoger dan de metingen. In de recentere jaren liggen de berekeningen dichter bij de metingen (Figuur 35). De correctie verschilt van plek tot plek in het land. Zo zijn de toenames het hoogst in Zeeland, en zijn er afnames in de Peelgebieden.

De berekeningen van de ammoniakconcentraties liggen over vrijwel de gehele reeks iets dichter bij de metingen dan de berekeningen in de vorige rapportage. Dit komt deels doordat in de nieuwe berekeningen nieuwe (verbeterde) chemische conversiesnelheden zijn toegepast (zie B3.3), maar voor een deel ook door de geactualiseerde emissies. Nederlandse emissietotalen voor het jaar 2022 zijn bijvoorbeeld voor het eerst in deze rapportage gebruikt. In de vorige rapportage werden de Nederlandse emissietotalen over 2021 gebruikt. Het effect op de

uiteindelijke gekalibreerde resultaten is beperkt, omdat de metingen onveranderd zijn en de kalibratie het verschil tussen model en meting rechttrekt.



Figuur 35 De gemiddelde berekende en gemeten ammoniakconcentratie 2005-2023 (blauwe lijnen). Het verschil tussen beiden (licht paars) is waar met de kalibratie de berekeningen voor worden gecorrigeerd. De grijze lijn geeft de berekeningen van de vorige rapportage aan.

B3.5 Nieuwe gegevens natuur

De habitatkartering wordt jaarlijks aangepast, als er nieuwe inzichten beschikbaar zijn. Voor zestien gebieden is uitgegaan van de meest actuele habitatkartering (T1) en niet van de kartering op het moment van aanwijzing (T0). Deze wijzigingen hebben nagenoeg geen effect op de gepresenteerde resultaten.

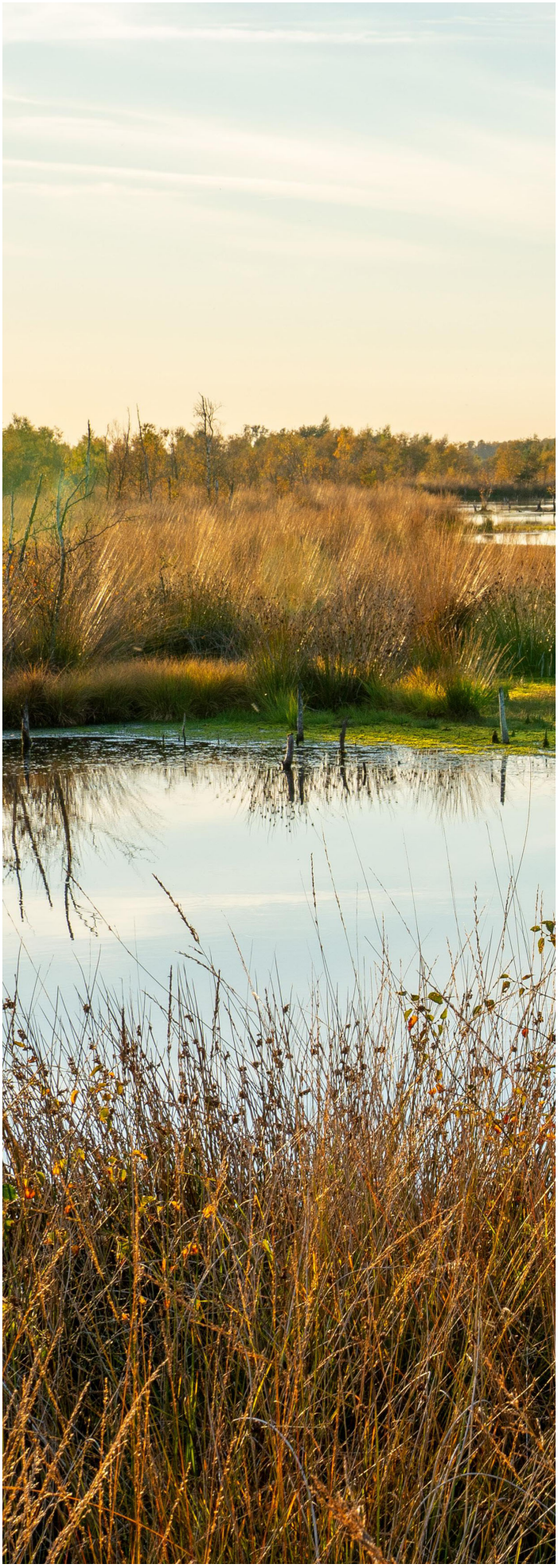
W.A. Marra | S.B. Hazelhorst | L.A. de Jongh |
R.J. Wichink Kruit | J.M. Schram | K.M.F. Brandt

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

oktober 2024

De zorg voor morgen begint vandaag



15707