

# Stikstof

## De sluipende effecten op natuur en gezondheid

Redactie:

prof. dr. Jan Willem Erisman

prof. dr. Wim de Vries

prof. dr. Ellen van Donk

prof. dr. Jelle Reumer

prof. dr. Jos van den Broek (infographics)

ir. Astrid Smit (redacteur)

Joy Kerklaan MSc (coördinator)

Pauline van Schayck MSc (coördinator)

# INHOUD

## Voorwoord 9

– Carola Schouten

## Inleiding 11

Een landelijke stikstofcrisis 11

– Jan Willem Erisman & Wim de Vries

## 1. Steeds meer stikstof 15

1.1 Hoe is het zover gekomen? De geschiedenis van stikstof in een notendop 15

– Jan Willem Erisman & Wim de Vries

1.2 ‘Stikken in de stikstof’ 20

– Jos van den Broek

1.3 De mens verspreidt veel reactieve stikstof 25

– Jan Willem Erisman

1.4 Een kwestie van meten en rekenen 31

– Roy Wichink Kruit

1.5 Ammoniak van landbouw, stikstofoxiden van verkeer 36

– Margreet van Zanten

**Kader** Bijdrage vliegverkeer aan stikstofdepositie is gering 38

– Jan Willem Erisman

**Kader** Het ammoniakgat: de emissies onderschat 41

– Jan Willem Erisman

*Interview* Marjolein Demmers, Natuur & Milieu 43

2. *Stikstofeffecten* 45

- 2.1 Stikstof: een veelkoppig monster 45  
– Wim de Vries
- 2.2 De stikstofkringloop 48  
– Wim de Vries & Jan Willem Erisman
- 2.3 De gevolgen van te veel stikstof voor het bodemleven 52  
– Franciska de Vries, Matty Berg & Albert Tietema
- 2.4 De sluipende effecten van stikstofdepositie op de flora 55  
– Roland Bobbink
- 2.5 De gevolgen van stikstofdepositie voor de fauna 61  
– Arnold van den Burg & Michiel Wallis de Vries

*Kader* Stikstofindicator voor vlinders 63

– Arnold van den Burg & Michiel Wallis de Vries

- 2.6 Ammoniak schadelijker voor natuur, stikstofoxiden voor gezondheid 65  
– Wim de Vries & Jan Willem Erisman

*Interview* Maxime Verhagen, Bouwend Nederland 67

- 2.7 Kritische depositiewaarden, natuurschade en natuurherstel 69  
– Wim de Vries, Roland Bobbink & Han van Dobben
- 2.8 Stikstof in de zoete binnenwateren: winnaars en verliezers 74  
– Emiel Brouwer
- 2.9 Fytoplankton: van stikstof naar gifstof 77  
– Dedmer van de Waal
- 2.10 Hoe gezonde wateren stikstof verwijderen 79  
– Sven Teurlincx & Annelies Veraart
- 2.11 Minder stikstof, wel zo gezond 82  
– Onno van Schayck
- 2.12 Stikstofuitstoot beïnvloedt het klimaat 86  
– Wim de Vries

*Stikstofweetjes* 91

*Interview* Natasja Oerlemans, Wereld Natuur Fonds (WWF-NL) 93

3. *Stikstofaanpak* 95

- 3.1 Stevige reductie stikstofemissie noodzakelijk 95  
– Wim de Vries & Jan Willem Erisman

- 3.2 Waar kun je de stikstofuitstoot het best verminderen? 99  
– Jan Willem Erisman & Ton Brouwer
- 3.3 Hoe emissies van ammoniak en stikstofoxiden te beperken 102  
– Gerard Migchels & Wim de Vries
- 3.4 De directe en indirecte kosten en baten van stikstof 105  
– Hans van Grinsven
- 3.5 Heide en bos knappen nog niet op van herstelmaatregelen 110  
– Henk Siepel

*Interview* Teo Wams, Natuurmonumenten 113

#### 4. Stikstofbeleid 115

- 4.1 Het stikstofbeleid vanaf 1970 115  
– Jan Willem Erisman & Wim de Vries
- 4.2 Hoe de overheid voor de muziek uitliep 119  
– Ralph Frins
- 4.3 Rechter grijpt in – pas op de plaats voor stikstof 123  
– Floor Fleurke
- 4.4 Buurlanden gaan anders om met het stikstofprobleem 126  
– Wim de Vries & Hans Kros
- 4.5 Beloning van boeren voor maatschappelijke diensten 129  
– Jan Willem Erisman, Anne van Doorn & Wim de Vries

*Kader* Wat kunt u doen? 133

– Jan Willem Erisman

- 4.6 De stikstofcrisis ligt nog lang niet achter ons 135  
– Jan Willem Erisman & Wim de Vries

*Interview* Sjaak van der Tak, LTO Nederland 137

*Nawoord* 141

– Jan Willem Erisman & Wim de Vries

*Auteurs* 145

*Bronnen* 147

*Register* 152

# Een landelijke stikstofcrisis

In 2019 noemde premier Rutte het stikstofprobleem de ‘grootste crisis in mijn negen jaar als premier’. De bouw van nieuwe projecten lag stil, het verkeer lag aan banden en boeren werd de wacht aangezegd. Vlak daarna volgde de coronacrisis en verdween stikstof tijdelijk naar de achtergrond. Het is inmiddels meer dan twee jaar geleden dat de Raad van State uitspraak deed over de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). De raad oordeelde dat er geen toestemming mocht worden gegeven voor activiteiten die extra stikstofuitstoot veroorzaken. Het gevolg: een landelijke stikstofcrisis. Nederland zat van het ene op het andere moment op slot.

Als we het over de stikstofcrisis hebben, bedoelen we niet het stikstofgas dat 78 procent van onze lucht uitmaakt. Dat heeft namelijk geen enkel negatief effect op de natuur of de mens: wij ademen het in en weer uit zonder dat er iets gebeurt. We bedoelen dan het schadelijke effect van stikstofverbindingen zoals ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) op de natuur, het klimaat en de gezondheid van de mens. De toename van deze stikstofverbindingen leidde tot de stikstofcrisis.

Stikstofverbindingen vormen de basis voor aminozuren, die essentieel zijn voor alle vormen van leven die we kennen. Deze stikstofverbindingen zijn in de natuur maar beperkt beschikbaar. Ze kunnen vrijkomen

bij vulkaanuitbarstingen, bliksemontladingen en de activiteit van stikstofbindende bacteriën. Die laatste is essentieel voor de groei van planten en daarmee voor de hele voedselketen, inclusief insecten, andere plantenetende dieren en uiteindelijk ook mensen. De vindingrijkheid waarmee de natuur met de beperkte stikstofbeschikbaarheid omgaat, heeft geleid tot de ontwikkeling van vele natuurlijke processen en organismen, en een grote biodiversiteit.

Om op grote schaal voedsel te produceren moet echter extra stikstof worden aangevoerd. Door de uitvinding van ammoniakproductie als basis voor kunstmest door de Duitsers Fritz Haber en Carl Bosch begin twintigste eeuw kon de landbouw meer gaan produceren. Maar het kunstmestgebruik leidde ook tot grote verliezen van stikstof naar het milieu, zoals die van ammoniak naar de lucht.

De stikstofproblematiek is niet alleen ontstaan door onze behoefte aan voedsel, maar ook door ons gebruik van fossiele energie. Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaan namelijk stikstofoxiden, net als  $\text{CO}_2$  een bijproduct. Industrie, transport, energiecentrales en huishoudens zijn de voornaamste bronnen. De globalisering heeft geleid tot een enorme groei van het verkeer, met een bijbehorende toename van  $\text{NO}_x$ -uitstoot naar de lucht.

De uitstoot van  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_x$  naar de lucht heeft grote gevolgen gehad voor de natuur en de menselijke gezondheid. Daarnaast zijn er nog emissies van andere stikstofvormen, zoals lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) en nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ), met gevolgen voor klimaat, natuur en waterkwaliteit. Dit probleem is al decennia bekend. Boeren, industrie en verkeerssector hebben behoorlijke inspanningen geleverd, die tot forse uitstootreducties hebben geleid. Toch is het stikstofprobleem nog steeds groot: normen worden niet gehaald en er kunnen slechts beperkt vergunningen voor nieuwe projecten worden uitgegeven, met alle economische en sociale gevolgen van dien. De spanning tussen natuur en economie speelt een leidende rol in de aanpak.

Er is in Nederland heel veel geschreven over stikstof. Opvallend is echter dat een diepgaand overzicht van het stikstofprobleem ontbreekt.

Stichting Biowetenschappen en Maatschappij heeft daarom het initiatief genomen om voor een breder publiek de achtergronden van de stikstofproblematiek op een rijtje te zetten en te duiden.

In dit boek gaan we in op de historie en de oorsprong van de stikstofproblematiek, met daarbij aandacht voor de modellen en metingen die ons in staat stellen de uitstoot en depositie van stikstofverbindingen in te schatten. Vervolgens bespreken we de stikstofcyclus en de gevolgen van de stikstofovermaat voor lucht-, bodem- en waterkwaliteit, en daarmee voor natuur, gezondheid en klimaat. Daarnaast staan we stil bij de mogelijke oplossingen van het probleem. Waar en hoe kunnen we de stikstofuitstoot verminderen? Met hoeveel? Welke maatregelen kunnen de eerdergenoemde gevolgen van een teveel aan stikstof voor de natuur beperken? Ten slotte gaan we in op wetgeving en beleid. Waar de PAS-uitspraak en de stikstofcrisis het resultaat waren van haperend beleid uit het verleden, kan nieuw beleid mogelijk een uitweg bieden uit de huidige impasse.

Kortom: hopelijk beantwoordt dit boek al uw vragen over stikstof en de oorzaken, gevolgen en aanpak van de huidige stikstofcrisis.