

Het stikstofweb

VOOR WIE WIL WETEN WAT DE
WETENSCHAPPELIJKE WAARHEID IS

WIEGER WAMELINK

Met een voorwoord van Anna Gimbrère

INHOUD

VOORWOORD	8
INLEIDING	12
WAT IS STIKSTOF?	14
STIKSTOF EN DE MENS	18
WAAR KOMT STIKSTOF VANDAAN?	22
HOE KOMT STIKSTOF IN DE NATUUR TERECHT?	26
WAT GEBEURT ER IN DE BODEM, GROND- EN OPPERVLAKTEWATER? VERMESTING	30
WAT GEBEURT ER IN DE BODEM? VERZURING	34
WAT GEBEURT ER IN DE PLANT?	38
WAT DOET EXTRA STIKSTOF MET PLANTEN?	42
WAT KUN JE ZELF ZIEN?	46
WAT IS DE KRITISCHE DEPOSITIEWAARDE?	50
ALS DE DEPOSITIE BENEDEN DE KDW IS, ZIJN WE ER DAN?	54
WAT SPEELT ER VERDER NOG? VERDROGING	58
WAT SPEELT ER VERDER NOG? KLIMAATVERANDERING	62

WAT SPEELT ER VERDER NOG? VERSNIPPERING	66
WAT SPEELT ER VERDER NOG? RECREATIE, DE DRUKTE IN HET BOS	70
WELKE ROL SPEELT EUROPA?	74
WAT IS DE ROL VAN NATUURBEHEER? PLAGGEN	78
WAT IS DE ROL VAN NATUURBEHEER? MAAIEN EN BAGGEREN	82
WAT IS BIODIVERSITEIT?	86
WAAROM IS BIODIVERSITEIT BELANGRIJK VOOR DE MENS?	90
WAAROM IS BIODIVERSITEIT BELANGRIJK VOOR DE NATUUR?	94
WAT ZIJN DE NIEUWSTE INZICHTEN?	98
HOE KAN HET ANDERS, MOOIER EN BETER?	102
HET WEL EN WEE VAN EEN KLOKJESGENTIAAN IN HET WOOLDSE VEEN ALS GEVOLG VAN STIKSTOFDEPOSITIE	106
VERKLARENDE WOORDENLIJST	110

VOORWOORD

door ANNA GIMBRÈRE

‘Succes vriend, word maar lekker groot!’, zei ik tegen de pootaardappel.

Met zand onder mijn nagels en vegen in mijn gezicht gaf ik een laatste groet aan de knol die ik in ‘maanzand’ zou begraven. Ik stopte hem liefdevol toe en plaatste hem in het rijtje met andere groenten in maangrond: tomaten, bonen, wortels. Een Hollands dieet, onder buitenaardse omstandigheden gepoot. Over een paar maanden zou ik terugkomen om te kijken hoe ze gegroeid waren.

Het telen van groenten op ‘maangrond’ was onderdeel van een televisieprogramma dat ik op dat moment over wonen in de ruimte maakte. Hoe moeilijk is het om groenten op de maan en op Mars te verbouwen? En wat zou je aan de buitenaardse grond toe kunnen voegen om die vruchtbaarder te maken? Het zijn belangrijke vragen als je geïnteresseerd bent in leven in de ruimte. Maar ik leerde er vooral veel van over de grond hier op aarde.

Wat ik bijvoorbeeld niet wist voordat ik aan het experiment begon, is dat de vorm van de ‘zandkorrels’ op de maan veel hoekiger en scherper is dan hier. Als je ze onder een microscoop legt zie je dat ze niet rond zijn, zoals de zandkorrels op aarde, maar eerder puntig. Het zijn venijnige dingen met scherpe randjes. Bovendien is het zand veel fijner. Het gaat overal in zitten en je hoest en niest het dagen later nog op. Geen plant-en-longvriendelijke vorm van stof dus, maar wel interessant voor een experiment.

Gelukkig werd ik in het onderzoek bijgestaan door dé expert op het gebied van buitenaardse groenteteelt: Wieger Wamelink. Wieger had destijds een halve kas op het terrein van de universiteit van Wageningen ingericht voor zijn persoonlijke 'hobbyproject' Food for Mars and Moon. Hij had onderzoek gedaan naar de structuur en samenstelling van Mars- en maanzand en op eigen kosten zandkorrels besteld die het meest op zand leken dat ooit door NASA-astronauten mee terug naar de aarde was genomen. Zijn doel was om te onderzoeken hoe moeilijk het zou zijn om groente op onze buurplaneet en maan te verbouwen.

Wieger is een man naar mijn hart, iemand die vanuit persoonlijke nieuwsgierigheid gaat experimenteren, maar wel volgens de wetten van de wetenschap. Lezen, een theorie opbouwen, onder reproduceerbare omstandigheden testen en het hele proces duidelijk beschrijven. Het project kreeg al snel veel publiciteit.

De belangrijkste les die ik heb kunnen trekken uit het onderzoek (en eigenlijk uit het hele televisieprogramma) was: 'There is no place like home.' En met *home* bedoel ik onze moederplaneet, de aarde. De combinatie van omstandigheden die hier op aarde bestaan is zo uniek en gunstig voor ons, dat we wel gek zouden zijn om ergens anders te willen wonen. De aarde is door miljarden jaren van evolutie gegaan om te worden zoals hij nu is. Een plek met vruchtbare



grond, waar water en grondstoffen circuleren en ecosystemen perfect afgesteld zijn om het afval van de ene soort te gebruiken als voeding voor de andere. Al het leven is onderling verbonden en onderling afhankelijk om te overleven.

Een van de meest ondergewaardeerde leden van het aardse ecosysteem is de regenworm, het dier dat het afval van planten omzet in bruikbare voeding voor de volgende generatie planten. Dat de grond luchtig maakt door er tunnels in te graven en fungeert als voer voor vogels en kleine zoogdieren. Ik heb hem lange tijd onderschat, maar sinds mijn samenwerking met Wieger en een rondje over de universiteit in Wageningen staat hij hoog op mijn waarderingslijst. Lang leve de worm! Vooral in stikstofarme grond. Helaas zijn de scherpe korrels maanzand onprettig voor hem, en ook de toevoeging van te veel meststoffen kan de nekslag voor hem zijn.

Tijdens het onderzoek ontdekte ik ook dat het vrijwel onmogelijk is om een ecosysteem te ontwerpen dat op een andere planeet maakbaar en houdbaar is. Alle pogingen om een gesloten ecosysteem te maken dat zichzelf in stand kan houden, zoals de Biosphere-projecten van de universiteit van Arizona, zijn grotendeels mislukt. In de praktijk blijkt het heel complex om een goed functionerend afgesloten ecosysteem te ontwikkelen dat mensen kan voeden en tegelijkertijd zijn eigen grondstoffen kan blijven hergebruiken.

We zijn als mens goed in staat om de wereld op de korte termijn naar onze hand te zetten, maar de methodes die we met dat doel voor ons voedselsysteem hebben ingezet blijken niet houdbaar, omdat een paar van de belangrijkste leden van ons ecosysteem onder druk staan. Onder andere de regenworm, maar ook de bij...

Zelf ben ik geen expert op het gebied van de samenstelling van grond en dus moet ik vertrouwen op wat anderen hebben onderzocht. Anderen zoals Wieger Wamelink. In dit boek maakt hij ons wegwijs door de complexe systemen in de grond waar wij met ons hele voedselsysteem van afhankelijk zijn. Je zou kunnen zeggen dat Wieger een vakidoot is, of een groot stikstofgeleerde. In ieder geval is hij een kenner bij uitstek. En daarom vind ik het interessant om te lezen wat hij vindt van de KDW, u weet wel, de kritische depositiewaarde, door sommige groepen gehaat en door anderen bijna heilig verklaard.

Het is en blijft een feit dat Nederland een druk land is waar we met velen wonen en waar ook nog eens een enorme hoeveelheid voedsel wordt geproduceerd. Wieger legt ons uit hoe we het gehalte aan stikstof omlaag kunnen brengen, zodat we kunnen blijven genieten van de bijzondere natuur, maar zonder dat onze voedselvoorziening daaronder hoeft te lijden.

Als je op profniveau wilt kunnen meepraten over het belang van een gezonde bodem en wilt begrijpen welke politieke keuzes wel en welke niet wetenschappelijk verantwoord zijn, dan is dit boek een absolute must. Met humor, sprekende voorbeelden en mooie illustraties helpt Wieger je door het stikstofweb heen en voel je dat je steeds beter de weg leert kennen.

Ik hoop dat je net zoveel plezier beleeft aan dit boek als ik.

Anna Gimbrère





INLEIDING

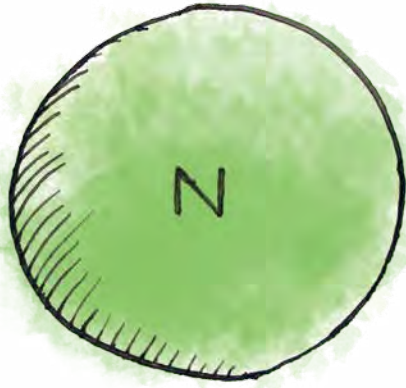
‘Het stikstofweb’ is op verschillende manieren van toepassing op de stikstofdepositieproblematiek. Het is het web waarin alle actoren op het ogenblik gevangen zitten: industrie, bouw, boeren, natuurbeschermers, bezitters van fossiele-brandstofauto’s, bestuur en politiek. De wetenschap zit als een spin in het web en bedient alle anderen van informatie, zodat iedereen die dat wil een evenwichtige en op feiten gebaseerde afweging kan maken.

Iedereen lijkt op het ogenblik vast te zitten in het web, maar de spin kan wel op een neer langs de draden en zo een bemiddelende rol spelen. Het web is bedoeld om voedsel te vangen en wat is stikstof anders dan voedsel voor planten?

Heeft de wetenschap de waarheid in pacht? Nee, maar de wetenschap doet wel aan waarheidsvinding, al gaat het daar ook weleens mis. Maar een kenmerk van (goede) wetenschap is dat je blijft onderzoeken en vragen stellen, ook als iets een waarheid als een koe lijkt. Kan het beter, klopt het echt of heeft het verfijning of aanscherping nodig? De wetenschap staat nooit stil.

Dit boek is bedoeld om het zoveel mogelijk aspecten en feiten van stikstofdepositie te bespreken, het is niet bedoeld om een standpunt in te nemen in het debat. Dat is aan anderen. Wel kan het gebruikt worden om de gevolgen van bepaalde keuzes te overzien.

WAT IS STIKSTOF?

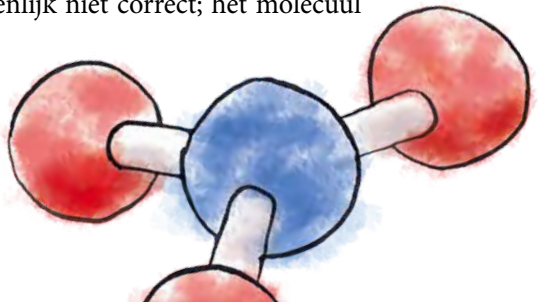


Je kunt tegenwoordig geen krant openslaan of er wordt over stikstofdepositie geschreven. Maar wat is stikstof nu eigenlijk?

Elke ademteug bevat het: stikstof. Die stof zit in de lucht en doet verder eigenlijk niets. Wat wordt ingeademd, wordt weer uitgeademd. Dit in tegenstelling tot zuurstof, waarvan bij uitademen koolstofdioxide overblijft.

Stikstof is een atoom, dat wil zeggen een stof die niet in andere stoffen gescheiden kan worden, door scheikundigen aangeduid met de hoofdletter N. Op aarde kennen we stikstof ook als molecuul in onze atmosfeer: dan bestaat het uit twee stikstofatomen. Het wordt weergegeven als N_2 , stikstofgas. Onze atmosfeer bestaat voor 78 procent uit dit stikstofgas en voor 21 procent uit zuurstof. Dat is belangrijk voor ons, want die zuurstof ademen we in – zonder zuurstof zouden we stikken. Daarnaast zit er 0,04 procent koolstofdioxide in de atmosfeer. Dat is wat wij en andere dieren uitademen en wat het broeikas effect veroorzaakt op aarde. Een gezonde lucht is belangrijk voor mensen, dieren en planten: zonder kunnen we niet leven. Kijk maar naar de planeten Venus of Mars, waar de atmosfeer vooral bestaat uit koolstofdioxide. Daar kunnen wij absoluut niet ademen en we kunnen er dus ook niet leven.

Het stikstofgas zelf is niet het probleem. Het veroorzaakt geen problemen voor de natuur of voor de mensen. Dat er dus heel vaak wordt gesproken over 'het stikstofprobleem' is eigenlijk niet correct; het molecuul stikstofgas is niet problematisch.





Niet
stikstofdepositie
is het probleem,
maar de depositie
van nitraat
en
ammoniak



Maar stikstof kan vrij makkelijk met andere moleculen een reactie aangaan en dan kan het wel tot problemen leiden in de natuur. Bij die reacties wordt namelijk 'reactief stikstof' gevormd in de vorm van nitraat of ammoniak. Dat veroorzaakt verzuring en vermisting, die leiden tot het verdwijnen van eerst planten en daarna dieren.

Een van de moleculen die kan ontstaan is nitraat, ook geschreven als NO_3 . Dat is een verbinding tussen moleculen stikstofgas en zuurstofgas (O_2), beide dus volop aanwezig in onze atmosfeer. Een andere reactieve stikstofvorm is ammoniak, NH_3 , een verbinding tussen stikstof en waterstof (H). Ammoniak komt in het water en in de bodem vaak voor als ammonium, NH_4 . Nitraat en ammoniak kunnen op verschillende manieren uit moleculair stikstof (N_2) ontstaan. Dat kan op natuurlijke en op onnatuurlijke wijze (door de mens):

1. **Bij bliksem.** Door bliksem in de atmosfeer kan stikstofgas in de lucht reageren met zuurstofgas in de lucht, waardoor nitraat ontstaat. De hoeveelheid die zo ontstaat is in vergelijking met de andere wijzen gering.
2. **Bij verbranding.** In vuur reageert stikstofgas met zuurstofgas, waarna er nitraat ontstaat. Dit is op zichzelf een natuurlijke reactie. Maar het merendeel wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten. Bij de verbranding van hout, kolen, olie en gas komt nitraat vrij. Al deze materialen bevatten stikstof doordat ze ontstaan zijn uit planten of dieren die stikstof bevatten.



3. **Door bacteriën.** Verschillende soorten bacteriën, zoals cyanobacteriën (blauwalg) en bacteriën uit de stam *Rhizobium*, zijn in staat om stikstofgas uit de lucht om te zetten in ammoniak. De ammoniak kan door andere bacteriën worden omgezet in nitraat.



4. **Bij de afbraak van dode planten en dieren.** Bij de afbraak van dode planten en dieren kan zowel nitraat als ammoniak vrijkomen. Ook dit is het werk van bacteriën. Als de omgeving heel erg nat is en er geen zuurstof aanwezig is, dan ontstaat er ammoniak, anders nitraat. Zo worden dode planten en dieren weer mest.
5. **Uit mest.** Zowel uit urine als poep komt nitraat vrij. Als urine en poep worden gemengd, vinden er in het mengsel chemische reacties plaats waarbij ammoniak ontstaat. Deze manier van ontstaan vind je voornamelijk in stallen waar dieren worden gehouden.
6. **Kunstmest.** Met behulp van heel veel energie is de mens in staat om van stikstofgas ammoniak te maken, dat vervolgens kan worden gebruikt voor het maken van kunstmest.





WAAR KOMT STIKSTOF VANDAAN?

Net als alle andere elementen ontstaat stikstof (N) in de zon. Door het samensmelten van waterstofatomen (H) in de zon vormt zich onder andere stikstof (N). Na het ontstaan van de aarde kwam dit stikstof met de zonnewind uiteindelijk in onze atmosfeer terecht.

Voordat bacteriën actief werden, vond je op onze planeet maar heel weinig nitraat, ammoniak en ammonium. Er waren twee bronnen van nitraat en ammonium: de zonnewind en van nitraat bliksem. De zonnewind bestaat uit atomen en moleculen, waaronder dus ammonium en nitraat, die in de zon zijn gevormd en door het heelal worden geblazen. Zo zijn ze dus ook op aarde terechtgekomen. Dit gaat nu nog steeds door, maar in kleine hoeveelheden. Ook op Mars, waar heel weinig ammonium en nitraat is, gebeurt dit nog. Wat ammonium en nitraat betreft lijkt Mars dus op hoe het vroeger op aarde was. De tweede bron van nitraat is bliksem, ook weer net als op Mars. In bliksem ontstaat door de enorme hitte nitraat, maar ook weer in kleine hoeveelheden.

Zo'n vier miljard jaar geleden bestond de atmosfeer van de jonge aarde voornamelijk uit koolstofdioxide (CO_2), ammoniak, stikstofgas en waterdamp. Er was nog nauwelijks of geen zuurstof. Uit steeds ingewikkelder wordende organische moleculen ontstonden de eerste levende wezens op



Op de
prille aarde,
vier miljard jaar
geleden, zorgden
cyanobacteriën
al voor
ammoniak- en
zuurstofproductie



aarde: cellen waarin chemische en biologische processen plaatsvonden. In de eerste aardse oceaan zagen cyanobacteriën het levenslicht. Die waren in staat om stikstofgas (N_2) uit de lucht te gebruiken voor hun groei.

Doordat die cyanobacteriën veel ammonium maakten, kwam er daar steeds meer van. Door andere bacteriën ontstond er nitraat en hierdoor werd ander en meer leven mogelijk. Nitraat en ammonium zijn essentieel voor al het leven zoals wij dat kennen. De nitraat en ammonium die de bacteriën maakten werden door de eerste planten gebruikt voor hun groei. De cyanobacteriën produceerden ook de zuurstof die zo hard nodig is voor alle dieren, maar ook planten gebruiken zuurstof. Dankzij bacteriën veranderde onze atmosfeer langzaam maar zeker in een atmosfeer van zuurstofgas.

Die bacteriën zijn nog steeds aanwezig op aarde. Samen met *Rhizobium*-bacteriën, die ook stikstofgas kunnen omzetten in ammonium en nitraat, zorgen zij nog steeds, langzaam maar zeker, voor een toename van de hoeveelheid nitraat op aarde. *Rhizobium*-bacteriën doen hun werk in de wortels van vlinderbloemigen zoals de erwt, boon en klavers. Ze vormen daar met het blote oog zichtbare knolletjes. In ruil voor suikers van de plant leveren de bacteriën nitraat aan de planten.

Begin twintigste eeuw is daar nog een nitraatbron bij gekomen: kunstmest. Kunstmest wordt door de mens in een chemisch proces voor de landbouw gemaakt. Het geeft snel voedingsstoffen af die planten kunnen gebruiken voor hun groei. Dit heeft geleid tot een revolutie in de landbouw, met een veel grotere voedselproductie tot gevolg. Dat heeft op zijn beurt weer voor een sterke groei van de wereldbevolking gezorgd. Het stikstofprobleem in Nederland wordt voor een deel veroorzaakt door kunstmest; via allerlei omwegen komt het uiteindelijk in de natuur terecht.



