

# Ontwikkelen van een interactieve leermodule over de effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit

“Kennis zaaien, ontwikkeling voeden en bewustwording groeien.”

November 2023

Teamnaam: NatuurWijzer

Teamnummer: 3209

Projectnaam: Ontwikkelen van een interactieve leermodule over de effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit

Teamleden: Douwe Klein Swormink, Vera ten Bruggencate, Janne de Haan, Floor Hoevers, Marieke Smit en Moon van Asseldonk

Opdrachtgevers: Lian Grabijn (Wetenschapswinkel) en Monique Könings (Natuuropleiding)



Bron foto voorpagina:

<https://www.fotobehang.nl/koeien-in-een-weiland.html> © Copyright 2018 - 2023 Fotobehang.nl

Disclaimer:

Dit rapport is gemaakt door studenten van Wageningen Universiteit als onderdeel van hun MSc-opleiding. Het is géén officiële publicatie van Wageningen Universiteit of Wageningen UR. Wageningen Universiteit neemt middels dit rapport geen formele positie in, noch representeert het haar visie of mening in deze.

Statement gebruik AI:

Voor het schrijven van dit adviesverslag is op geen enkele wijze gebruik gemaakt van AI. Daarentegen hebben we tijdens het brainstormen voor een teamnaam en logo ChatGPT, Pixlr en NightCafe Studio gebruikt als inspiratie. Hier hebben we echter niets letterlijk van gebruikt. Het uiteindelijke logo hebben we dus zelfstandig bedacht en gemaakt.



## Samenvatting

In dit rapport geven wij een advies voor het ontwikkelen van een interactieve leermodule over het effect van door de mens verhoogde stikstofdepositie op biodiversiteit in Nederland. Al decennialang is er een verhoogde stikstoftoevoer in het milieu in Nederland, met name door veehouderij en industrie. Reactieve stikstofvormen komen via de lucht uiteindelijk weer terecht op het aardoppervlak: dit noemt men stikstofdepositie. Dit gebeurt ook in (kwetsbare) natuurgebieden, waar het tot problemen leidt. Deze verhoogde stikstofdepositie leidt tot verlies van biodiversiteit en het vermogen van de natuur om zich te herstellen. Het verminderen van stikstofdepositie en herstellen van natuur is belangrijk om het biodiversiteitsverlies tegen te gaan. Tegelijkertijd leidt het onderwerp stikstofdepositie momenteel tot maatschappelijke discussie en polarisatie. Het doel van dit project was om dit 'wicked problem' inzichtelijk en invoelbaar te maken voor iedereen die interesse heeft. Daarvoor wordt een aantrekkelijke en laagdrempelige leermodule opgezet.

Onze onderzoeksvraag was:

*Welke inhoud en werkvormen zijn geschikt voor een interactieve leermodule die bewustwording teweegbrengt bij geïnteresseerde burgers over de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit?*

Op basis van expertgesprekken in verschillende werkvelden, interviews met deelnemers aan andere modules van Natuuropleiding, literatuuronderzoek, het bezoeken van een potentiële leslocatie, en brainstormsessies, hebben we een advies samengesteld voor een driedaagse leermodule over stikstof, stikstofdepositie en biodiversiteit. De leerdoelen voor de module zijn gebaseerd op de hoofd-hart-handen-benadering. De drie dagen hebben elk een ander thema met toepasselijke locatie: van de brede basiskennis over stikstof en het effect van stikstofdepositie op biodiversiteit tot herstelmogelijkheden.

Dit advies is ontwikkeld voor de Wetenschapswinkel, met Natuuropleiding als aanvrager van de onderzoeksvraag. Natuuropleiding verzorgt educatie met focus op leren door ervaren in de natuur. De leermodule over stikstof zou onderdeel worden van Natuuropleiding.

We zijn ons ervan bewust dat stikstofdepositie en de stikstofcrisis geen neutraal onderwerp is, en dat wij zelf hier ook niet volledig neutraal in kunnen staan. Wel kiezen we bewust voor een *veelzijdige* benadering van het onderwerp, waarin meerdere visies belicht worden en systeemdenken gestimuleerd wordt.

## Abstract

In this report, we recommend guidelines for developing an interactive learning module about the effect of nitrogen deposition on human-induced biodiversity in the Netherlands. The Netherlands has dealt with increased nitrogen input in the environment for decennia which is mainly due to livestock farming and industry. Reactive forms of nitrogen are deposited in (vulnerable) natural areas, known as nitrogen deposition. This leads to loss of biodiversity and resilience. To counter biodiversity loss is it important to diminish the nitrogen deposition and restore nature.

Simultaneously, nitrogen deposition results in societal debate and polarization. That is why this project aims to make this 'wicked problem' more insightful and palpable for everyone that is interested. That is why an appealing and accessible learning module is set up. Therefore, our research question was:

*What contents and teaching methods are suitable for an interactive learning module, that brings about consciousness in interested citizens, about the relationship between nitrogen deposition and biodiversity?*

Based on interviews with experts in different fields of work, interviews with participants of other modules offered by Natuurpleiding, a literature study, a visit to a potential teaching location, and brainstorm sessions, we compiled a recommendation for a three-day learning module concerning nitrogen, nitrogen deposition, and biodiversity. The learning goals for the module are based on the head-hart-hands approach. Each of the three days has a different theme with a suitable location: starting with broad basic knowledge about nitrogen to the effect of nitrogen deposition on biodiversity and finishing with recovery possibilities.

This recommendation is developed for the Science Shop, with Natuurpleiding as the provider of the research question. Natuurpleiding facilitates education focussed on learning through experience in nature. The learning module would become a product of Natuurpleiding.

We are aware that nitrogen deposition and the nitrogen crisis is not a neutral issue and that we can not be impartial on this issue. We deliberately choose a versatile approach in which we can highlight multiple points of view and stimulate systemic thinking.

# Inhoudsopgave

Samenvatting .....	2
Abstract.....	3
1. Inleiding.....	6
1.1 Actualiteit stikstofcrisis .....	6
1.2 Doel van de opdrachtgever .....	6
1.3 Ethische implicaties.....	7
1.4 Leeswijzer.....	7
2. Onderzoeksvragen .....	9
3. Methode en activiteiten .....	10
3.1 Literatuuronderzoek .....	10
3.2 Expertgesprekken .....	10
3.3 Deelnemerinterviews.....	12
3.4 Verkenning potentiële leslocatie .....	14
3.5 Lesdagen Natuuropleiding meelopen.....	14
3.6 Brainstormen over interactieve werkvormen en module-opzet.....	15
4. Theoretisch kader .....	16
4.1 Theoretische achtergrond over stikstof.....	16
4.2 Didactisch perspectief.....	33
5. Deelnemerinterviews.....	40
5.1 Resultaten interviews .....	40
5.2 Interview conclusies.....	45
6. Uitgevoerde bezoeken .....	48
6.1 Vogeldag .....	48
6.2 Akkerbouwbedrijf Saalland .....	48
7. Advies.....	52
7.1 Bevindingen .....	52
7.2 Visie en leerdoelen.....	52
7.3 Concreet voorstel opzet leermodule .....	55
Dag 1: Stikstof algemeen .....	56
Dag 2: Biodiversiteit .....	58
Dag 3: Herstelmogelijkheden.....	59
8. Discussie.....	62
Vervolgstappen .....	63
9. Begrippenlijst .....	65
Referenties.....	67



1. Inleiding.....	67
4.1.1 Stikstof in het algemeen .....	67
4.1.2 Stikstofkringloop .....	68
4.1.3 Bronnen van stikstofdepositie in Nederland .....	68
4.1.4 Effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit .....	69
4.1.5 Toekomstperspectief .....	71
4.1.6 Didactisch perspectief.....	72
5. Deelnemerinterviews.....	73
8. Discussie.....	73
Appendix A: verslagen interviews.....	74
A.1. Notulen expert interviews.....	74
A.2. Interview ontwerp en interview guide .....	89
A.3. Transcripten deelnemerinterviews .....	95
A.4. Thematische data-analyse codes.....	95
Appendix B: Longlist activiteiten & locaties.....	97
B.1. Activiteiten.....	97
B.2. Locaties .....	102

# 1. Inleiding

## 1.1 Actualiteit stikstofcrisis

Sinds 2019 spreken we in Nederland van een "stikstofcrisis", en vanaf toen is het een onderwerp geweest van vele discussies, beleidsontwikkelingen, protesten en onderzoeken (Boezeman, 2023). Al decennialang is er in Nederland een hoge uitstoot van reactieve stikstof in de lucht, met als gevolg hoge depositie (neerslag) die in de Nederlandse natuur terecht komt (Bobbink et al., 2021). Deze verhoogde toevoer aan stikstof in gevoelige natuurgebieden kan de biodiversiteit in zulke natuurgebieden ernstig aantasten (Bobbink et al., 2010; Wamelink, 2020). Hier vallen ook Natura 2000-gebieden onder, die door Europese wetgeving beschermd zijn (PBL, 2021). Om deze natuurgebieden te beschermen zijn grote reducties nodig in de stikstofuitstoot van allerlei sectoren in Nederland. De landbouw, met name intensieve veehouderij, is de grootste bron van stikstofdepositie: dit is verantwoordelijk voor ongeveer de helft van de totale depositie. Andere sectoren zijn bijvoorbeeld het verkeer en de industrie (RIVM, 2023). Reductie van stikstofuitstoot in deze sectoren betekent vaak een krimp voor de bedrijven of sectoren, met een nadruk op een krimp van intensieve veehouderij (zie bijvoorbeeld Remkes, 2022). Wegens de vele belangen en betrokken partijen is er veel maatschappelijke onrust over het stikstofvraagstuk; de meest zichtbare onrust was in de vorm van vele boerenprotesten in 2022 en 2023 (NIPV, 2022). Het debat lijkt meer te polariseren dan naar elkaar toe te groeien. Effectieve communicatie kan helpen om deze polarisatie in de maatschappij te verminderen en naar oplossingen toe te werken (Van Doorn, 2021).

In zichzelf is stikstofdepositie een proces wat ook natuurlijk kan plaatsvinden: altijd wanneer er reactieve stikstof in de lucht zit, kan dit ook neerslaan op het aardoppervlak. De stikstofdepositie waar we het in dit project over hebben, gaat om *door de mens verhoogde* stikstofdepositie. Echter, zonder menselijk toedoen is de stikstofemissie en -depositie wereldwijd veel lager dan de huidige niveaus (Canfield, 2010). Dat geldt wereldwijd, maar zeker voor het dichtbebouwde Nederland met veel industrie en intensieve veehouderij. Daarom wordt er in het maatschappelijk debat en in de wetenschap vaak simpelweg gesproken over stikstofdepositie. In de rest van dit rapport zullen wij daarom ook de term "stikstofdepositie" gebruiken, waarbij we dan in feite doelen op door de mens verhoogde stikstofdepositie.

## 1.2 Doel van de opdrachtgever

Door de omvang van de stikstofdiscussie en de maatschappelijke polarisatie is het belangrijk dat mensen de kans krijgen een onderbouwde mening over het onderwerp te vormen (Fazey et al, 2006). De maatschappelijke polarisatie laat zien dat er een onderliggende behoefte is naar toegankelijke kennis over stikstofdepositie voor het bredere publiek. Veel aspecten die te maken hebben met de stikstofdiscussie zijn technisch van aard, en hierdoor kan dit abstract overkomen voor het algemene publiek. Termen zoals "depositie" en "biodiversiteit" zijn moeilijk concreet te maken. Daarnaast is het onderwerp voor veel mensen een gevoelig onderwerp waarbij veel emoties komen kijken. Bijvoorbeeld omdat boeren zich bedreigd voelen in hun voortbestaan, maar ook omdat mensen veel emoties voelen bij het verlies van natuur.

Om bewustzijn te creëren over de stikstofdiscussie en om mensen kennis te laten maken met door de mens verhoogde stikstofdepositie, wil de aanvrager van de onderzoeksvraag, Monique Könings, een interactieve leermodule opzetten. Monique is de oprichter van Natuuropleiding. Natuuropleiding biedt een jaaropleiding en losse modules aan met als insteek om deelnemers meer te leren over natuur, in de natuur. De brede visie van Natuuropleiding is om deelnemers te leren en laten invoelen dat mens en natuur niet apart van elkaar staan, maar dat mensen onderdeel zijn van de natuur. Het doel dat zij wil bereiken is dan ook dat met deze module, naast het overbrengen van kennis en begrip, deelnemers ook emotioneel betrokken kunnen raken bij het onderwerp. Daarnaast is het doel op de lange termijn dat er wordt bijgedragen aan een duurzamere toekomst waarin men bewust is van spanningsvelden tussen natuur en menselijk ingrijpen.

Bij Natuuropleiding ontbreekt de inhoudelijke kennis over stikstofdepositie, dus heeft Monique de Wetenschapswinkel gevraagd om te helpen met het ontwikkelen van een interactieve leermodule over stikstof. De Wetenschapswinkel heeft hier een projectteam voor opgesteld met Lian Grabijn

als coördinator. Lian heeft als opdrachtgever het project aangeboden bij Academic Consultancy Training (ACT) met als doel om een start te maken met het ontwikkelen van deze leermodule. Wij als NatuurWijzer hebben dit project gekregen wat ons de kans gaf om onze expertises op het gebied van biologie en omgevingswetenschappen te combineren met onze creativiteit en ervaring in het onderwijs.

Als NatuurWijzer werkten we voor het projectteam van de Wetenschapswinkel, maar uiteindelijk ook voor Natuuropleiding. Met het ontwikkelen van de module wilden we dicht bij de waarden van Natuuropleiding blijven. Een paar speerpunten zijn om informatie op een toegankelijke, actieve en gebalanceerde manier aan te bieden aan het bredere publiek. Ook houdt Natuuropleiding ervan om kennis buiten op te doen. Door deel te nemen aan de educatiemodule die ontworpen gaat worden, krijgen deelnemers handvaten aangereikt om te begrijpen hoe de mens bijdraagt aan stikstofdepositie, en wat de effecten zijn op biodiversiteit. Daarnaast, en misschien van groter belang, krijgen de deelnemers meer betrokkenheid bij het onderwerp en worden ze gestimuleerd om persoonlijk met het onderwerp bezig te gaan.

### 1.3 Ethische implicaties

Het onderwerp "verhoogde stikstofdepositie" is geen neutraal onderwerp. Het raakt direct aan de huidige stikstofcrisis in Nederland, waar zeer veel meningen over heersen en allerlei partijen in betrokken zijn. We zijn ons ervan bewust dat we dus ook vrijwel geen "neutrale" keuze konden maken in de selectie van informatie voor onze interactieve leermodule. Monique omschreef het doel van de lesmodule als "objectief informatie overbrengen", waarna de deelnemers zelf een beeld kunnen vormen van hun visie op stikstofdepositie en het stikstofvraagstuk. Echter, dit beeld wordt logischerwijs beïnvloed door de onderdelen van de module. Als we veel tijd besteden aan biodiversiteit en natuur zal men waarschijnlijk een andere conclusie trekken dan als we bij boeren op bezoek gaan en hun visies horen. Daarnaast zijn we ons ervan bewust dat wij zelf niet neutraal zijn over dit onderwerp. De meesten van ons hebben een achtergrond in biologie of omgevingswetenschappen, waardoor wij zelf waarschijnlijk bevooroordeeld zijn richting de kant van natuurbehoud. Een uitdaging voor ons was dus hoe we deze verschillende belangen, inclusief onze eigen visie, het beste kunnen balanceren. We hebben ervoor gekozen om wel verschillende partijen een stem te geven in ons werk, maar het was niet mogelijk en wenselijk om alle betrokken partijen aan bod te laten komen in de leermodule, wegens het risico dat het te veel een discussie zou worden. We kiezen er daarom voor om ons werk niet te presenteren als "neutraal", maar als "veelzijdig", vanuit meerdere perspectieven.

### 1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 *Onderzoeksvragen*, benoemen we de onderzoeksvragen die geformuleerd zijn om onze opdrachtgever gedegen te kunnen adviseren. Om deze te beantwoorden, beschrijven we in Hoofdstuk 3 *Methode en activiteiten* alle werkwijzen die we gebruikt hebben, van literatuuronderzoek tot interviews en brainstormsessies.

In Hoofdstuk 4 tot 6 worden onze bevindingen gepresenteerd. Hoofdstuk 4 *Theoretisch kader* bevat de theoretische grondslag van ons advies, en bestaat uit twee delen. Het eerste deel (4.1) bevat achtergrondinformatie over stikstof, en het effect en de herstelbaarheid van stikstofdepositie. Dit dient als een theoretische basis waarop de inhoud van de leermodule gebaseerd wordt. Deel twee (4.2) bestaat uit onze theoretische didactische en pedagogische onderbouwing, voor reguliere educatie en specifiek voor natuureducatie. Dit dient als basis voor de vormgeving van de module. In Hoofdstuk 5 *Deelnemerinterviews* geven we een overzicht van de informatie verkregen uit deelnemerinterviews. Vervolgens doen we verslag van onze les- en locatiebezoeken in Hoofdstuk 6 *Uitgevoerde bezoeken*.

De input die we hebben verzameld in Hoofdstukken 4 tot 6 over de theoretische achtergrond, de brainstormsessies, de ervaringen van deelnemers en onze eigen ervaringen bij les- en locatiebezoeken, combineren we in Hoofdstuk 7 *Advies* tot een (praktisch) advies. Hier trekken we conclusies uit het onderzoek en geven adviezen voor de opzet van de leermodule. Hierin combineren we onze bevindingen uit het onderzoek tot onze visie en opgestelde leerdoelen voor de leermodule. Daarnaast geven we concrete suggesties voor de structuur en invulling van de module, zoals werkvormen en potentiële leslocaties.



We onderbouwen onze methodes, bekijken ons eigen werk kritisch en doen aanbevelingen voor aanvullend advies in Hoofdstuk 8 *Discussie*. Vervolgens zijn alle vaktermen en afkortingen opgenomen in Hoofdstuk 9 *Begrippenlijst*. Daarna vermelden we in *Referenties* alle bronnen, gesorteerd per hoofdstuk. In *Appendix* hebben we alle gedetailleerde uitwerkingen van interviews en een longlist met activiteiten en locaties vermeld ter naslag.

## 2. Onderzoeksvragen

De hoofdvraag die wij wilden beantwoorden is: *Welke inhoud en werkvormen zijn geschikt voor een interactieve leermodule die bewustwording teweegbrengt bij geïnteresseerde burgers over de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit?*

Met inhoud wordt de kennis bedoelt die nodig is voor systeemdenken en het ontdekken van emotionele waarde.

Voor ons onderzoek hebben we het doel van ons project onderverdeeld in twee hoofdvragen: de theoretische achtergrond over stikstofdepositie en de manier om dit te verwerken in een interactieve module. Hoewel deze twee vragen sterk aan elkaar gerelateerd zijn, willen we ze apart behandelen wegens de verschillende aanpak voor beide aspecten.

Om antwoord te geven op de hoofdvraag hebben we de volgende deelvragen geformuleerd:

- 1) Welke inhoud over de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit willen we opnemen in de interactieve module?
  - a) Wat is het startpunt voor de deelnemers van de module?
    - i) Wat is de doelgroep van de module?
    - ii) Wat weet deze doelgroep over stikstof en biodiversiteit? Wat zijn associaties met de stikstofcrisis en biodiversiteit? Welke alternatieve concepties bestaan er?
    - iii) Welke vragen heeft men omtrent stikstof?
  - b) Welke wetenschappelijke kennis is van belang om de huidige situatie omtrent stikstofdepositie en biodiversiteit te begrijpen?
    - i) Wat is stikstof? (Waar zit het in? Reactieve en non-reactieve vormen.)
    - ii) Hoe verloopt de stikstofkringloop in de natuur? (Wanneer vindt stikstofdepositie plaats?)
    - iii) Wat zijn de (grootste) bronnen van stikstofdepositie in Nederland?
    - iv) Wat zijn de effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit?
    - v) Hoe kunnen de negatieve effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit hersteld worden? Wat zijn potentiële oplossingen?
- 2) Hoe kan de interactieve module de deelnemers aantrekkelijk en effectief kennis laten maken met de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit?
  - a) Welke wetenschappelijke kennis rondom ervaren leren en didactiek is relevant voor leren over de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit?
  - b) Wat zijn effectieve interactieve leermethodes toepasbaar op het verhogen van bewustwording en begrip over de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit?
  - c) Wat waren de meest waardevolle lesonderdelen van eerdere Natuuropleiding lesmodules volgens deelnemers?
  - d) Via welke ervaringen of experimenten tijdens de module kunnen de effecten van stikstofdepositie zichtbaar gemaakt worden aan mensen?

## 3. Methode en activiteiten

Het hoofdproduct van ons project is een praktisch advies over de inhoud van de interactieve leermodule wat aansluit bij ons theoretisch kader. Dit advies geeft een mogelijke indeling voor een meerdaagse module. Bij dit praktisch advies hoort ook een longlist met interactieve werkvormen die gekoppeld zijn aan de leerdoelen.

Het praktisch advies wordt onderbouwd door een theoretisch eindverslag over stikstofdepositie en didactiek. Voor de theoretische onderbouwing zijn we in gesprek gegaan met experts. Daarnaast hebben we deelnemergesprekken gevoerd om inspiratie op te doen voor interactieve werkvormen en erachter te komen wat de voorkennis is van toekomstige deelnemers. Andere activiteiten die wij hebben ondernomen zoals literatuuronderzoek, brainstormsessies en excursies worden hieronder verder uitgelegd.

### 3.1 Literatuuronderzoek

#### *Doel*

Het doel van het literatuuronderzoek was om achtergrondinformatie te verzamelen voor de vorming van ons theoretisch kader rondom stikstof en didactiek. Dit werd aangevuld met expertinterviews (zie 3.2).

#### *Aanpak*

Het literatuuronderzoek werd uitgevoerd aan de hand van de onderzoeksvragen zoals geformuleerd in Hoofdstuk 2: het gaat hiervoor om alle vragen onder subvraag 1b, en subvragen 2a en 2b. Literatuur werd verzameld uit verschillende databases. Dit was omwille van de tijd geen systematische review; bronnen werden verzameld aan de hand van open zoeksessies, en geselecteerd aan de hand van hun inhoud. Voor verdere informatie werd vaak gebruik gemaakt van snowballing. Daarnaast werd tijdens de expertgesprekken advies gevraagd voor goede bronnen. De gevonden informatie werd beoordeeld aan de hand van onze inschatting van de betrouwbaarheid van de bron; daarnaast konden wij veel informatie toetsen aan onze eigen voorkennis over het onderwerp.

Onze voorkeur lag bij officiële databases en wetenschappelijke literatuur of vakliteratuur, en dit werd aangevuld met algemene websites. De focus verschilde per onderwerp. Zo werd actuele informatie over de stikstofsituatie in Nederland vooral verzameld in landelijke databases zoals CBS en CLO. Informatie over stikstofdepositie en biodiversiteit werd vooral verzameld in wetenschappelijke literatuur, via Google Scholar, WUR Library, en Web of Science. Informatie over didactiek en pedagogiek is verzameld uit vakliteratuur van Arjen Wals, gecombineerd met (online) literatuur en algemene bronnen. Algemene informatie over stikstof of de stikstofcyclus, daarentegen, werd direct op Google gezocht vanuit websites die bedoeld zijn voor het algemene publiek. Dit omdat deze informatie veelal te algemeen is om in wetenschappelijke publicaties te vinden, aangezien die vaak een heel specifiek onderwerp hebben.

#### *Dataverwerking*

De data werd direct vanuit de bronnenzoektocht verwerkt in de geschreven stukken, voorzien van een bronvermelding. In het geval van conflicterende bevindingen uit verschillende bronnen die beide betrouwbaar leken, werden beide visies in het stuk opgenomen.

### 3.2 Expertgesprekken

#### *Doel*

Als aanvulling op het literatuuronderzoek zijn we in gesprek gegaan met experts over verschillende onderwerpen (zie Tabel 1). Deze gesprekken dienden vooral ter inspiratie voor ons onderzoek en de opzet van de leermodule. Het doel van deze gesprekken was om een beeld te krijgen van de visie van deze experts op het onderwerp. Daarnaast was dit een bron van informatie over de praktijk. Feitelijke vragen die in de literatuur te vinden zijn, werden vermeden. Wel werd er gevraagd om tips voor goede bronnen over hun expertise.

### Selectie experts

De experts zijn geselecteerd aan de hand van hun expertise, om relevante onderwerpen uit onze hoofdvragen te kunnen dekken. Daarnaast zijn de experts vanuit praktisch oogpunt vooral binnen onze eigen kring gekozen. Zo zijn er drie experts vanuit Wageningen Universiteit; boer Wim is de oom van een van onze groepsleden; en Paul Roncken van Natuurcollege was al een connectie van Lian Grabijn.

### Aanpak

De experts werden geïnterviewd aan de hand van een semigestructureerd interviewontwerp. Er werden vragen voorbereid voorafgaand aan het interview, maar tijdens het interview lieten we de gesprekken spontaan verlopen, met ruimte voor uitweiding. Aan elke expert werd in elk geval gevraagd uit te leggen wat hun expertise is. Daarnaast werd elke expert gevraagd welke boodschap via de leermodule overgebracht zou kunnen worden. Verder kreeg elke expert persoonlijke vragen (zie Tabel 1).

### Dataverwerking

Aan de hand van de notulen en opname werd een kort verslag gemaakt van elk interview. Dit is, na goedkeuring van de experts, ingevoegd als bijlage in dit verslag (Appendix A.1.). Een groot deel van de verwerking vond indirect plaats, omdat de interviews ons nieuwe richtingen gaven om op verder te zoeken en uit te diepen. Enkele specifieke quotes werden gebruikt in het theoretisch kader. Concrete ideeën voor werkvormen voor de module zijn opgenomen in de activiteiten longlist (Appendix B.1.).

Tabel 1. Expertgesprekken met verschillende experts in hun werkveld

Naam	Expertise	Focus voor interview
Wieger Wamelink (Wageningen University & Research)	De randvoorwaarden van klimaat en bodem op plantengroei en -voorkomen. Bepaling van kritische depositiewaarde (KDW) voor gebruik in beleidsvorming.	Achtergrondinformatie stikstof en stikstofdepositie Inspiratie proefjes voor effect stikstofdepositie op biodiversiteit Advies voor inhoud van de leermodule
Philippine Vergeer (Wageningen University & Research)	Biodiversiteitsverlies als gevolg van veranderende omgevingsfactoren door intensivering van landbouw en uitputting van de bodem. Hoe kan deze impact verminderd worden door natuur inclusieve landbouw oplossingen toe te passen. Ook docent 'Herstel Ecologie'	Effect stikstofdepositie op biodiversiteit Inspiratie gebieden waar effecten (en herstel) van stikstofdepositie duidelijk zijn Advies voor inhoud van de leermodule
Boer Wim Stegeman (biologische boer)	Van gangbaar naar biologisch boeren	Effecten stikstofbeleid op de praktijk van een (boeren)bedrijf Verschillen biologisch en gangbaar boeren, met focus op stikstof Maatregelen voor stikstofverliezen en biodiversiteit op het land Advies voor de inhoud van de leermodule
Paul Roncken (Natuurcollege)	Directeur van Natuurcollege, landschapsarchitect en onderzoeker	Didactische en praktische kennis bij het ontwerpen en uitvoeren van een interactieve module over natuurrelaties Advies voor de inhoud van de leermodule



### 3.3 Deelnemerinterviews

#### *Doel*

Het doel van de semigestructureerde interviews was om ervaringen van deelnemers van Natuuropleiding te verzamelen, daarmee ideeën op te doen voor de leermodule, en inzicht te krijgen in de voorkennis, motivatie en meningen van de deelnemers.

#### *Ontwerp*

Voor het afnemen van de interviews is een uitgebreid interview ontwerp gemaakt met meerdere onderzoeksvragen, doelen, onderwerpen en aspecten (zie Appendix A.2). De onderzoeksvragen waren als volgt:

- 1) Wat is de motivatie van deelnemers voor het kiezen van een opleiding bij Natuuropleiding?
- 2) Wat is de ervaring van deelnemers bij Natuuropleiding?
- 3) Wat is de kennis en associaties die de deelnemers van Natuuropleiding hebben over biodiversiteit?
- 4) Wat is de kennis en associaties die de deelnemers van Natuuropleiding hebben over stikstof en de stikstofcrisis?
- 5) Wat zijn de ideeën van de deelnemers over de nog te ontwikkelen stikstof lesmodule?

Aan de hand van deze vijf onderzoeksvragen is vervolgens een uitgebreid interview script gecreëerd. Dit script is ook te vinden in appendix A.2. Het script bestond uit elf hoofdvragen met elk een aantal sub-vragen om het gesprek verder tot gang te helpen. De hoofdvragen waren onderverdeeld in vijf categorieën, namelijk:

- Inleidende vragen over natuur
  - Zou je ons wat over jezelf kunnen vertellen zoals leeftijd, baan, opleiding en gezinssituatie?
  - Wat betekent natuur voor jou?
  - Op welke manieren kom jij in aanraking met natuur?
- Vragen over de ervaring bij Natuuropleiding
  - Waarom heb je voor Natuuropleiding gekozen?
  - Welke onderdelen van de opleiding zijn je het meeste bijgebleven?
  - Van welk onderdeel van de opleiding heb je het meeste geleerd?
- Vragen over specifieke onderwerpen
  - Waar denk je aan bij biodiversiteit?
  - Waar denk je als eerste aan bij stikstof?
  - Wat zijn je eerste gedachtes als je denkt aan de stikstofcrisis?
- Vragen over lesmodule
  - Heb je ideeën voor de lesmodule?
  - Wat zou jij willen leren over stikstof?
- Afsluitende vragen
  - Is er nog iets wat je aan ons wilt vragen of iets dat je kwijt wilt?

#### *De deelnemers*

De onderzoekspopulatie van de deelnemerinterviews bestond uit voormalige en huidige deelnemers van de jaaropleiding van Natuuropleiding. De jaaropleiding bestaat uit twintig lesdagen die zijn verdeeld over vier verschillende blokken: mineralen, planten, dieren, en de mens. Om deelnemers voor de interviews te vinden is er een oproep gedaan in de groepen van de jaaropleiding van 2022 en 2023. Op deze oproep hebben vier mensen gereageerd: drie uit de jaaropleiding van 2022 en één uit de jaaropleiding van 2023. Met alle vier is een interview afgenomen.

Er werden drie vrouwen en één man geïnterviewd. De geïnterviewden waren 42, 47, 57 en 63 jaar oud. Twee van de geïnterviewden hebben een baan die te maken had met natuur (natuurfotograaf en natuurpedagoog). De andere twee geïnterviewden hadden een baan als leidinggevende functie en adviseur in sociale hulpverlening en gezondheidszorg.

#### *Data verzamelen*

De interviews werden bij voorkeur afgenomen op locatie. Dit is voor drie van de vier interviews gebeurd. Eén van de interviews is online afgenomen via Microsoft Teams. Alle interviews zijn volgens een semigestructureerd interview script afgenomen. Dit houdt in dat er een interview ontwerp (Appendix A2) was met de meest belangrijke vragen, maar dat er ook ruimte was voor improvisatie gedurende het interview. De vragen bestonden voornamelijk uit open vragen.

Het interview begon met inleidende vragen om de geïnterviewde te laten wennen aan het gesprek en om de mogelijkheid te geven om ervaringen te delen die zij als belangrijk zien. Na de inleidende vragen ging het gesprek door op ervaringen binnen de Natuuropleiding. Pas daarna werd er gevraagd om de kennis en associaties bij specifieke onderwerpen (biodiversiteit, stikstof, stikstofcrisis). Aan het einde was er nog een open vraag over de stikstof lesmodule. Dit werd geïntroduceerd als 'kort brainstorm moment waarbij alle ideeën welkom zijn'. Hierbij kreeg de geïnterviewde de kans om diens wensen en ideeën over te brengen. De laatste vraag werd gebruikt om te controleren of de geïnterviewde nog iets kwijt wilde of eventueel nog vragen had.

Er was binnen het project geen ruimte om het interview script eerst te testen als pilot. Daarom is er gekozen om na het eerste interview nog enkele nodige aanpassingen te maken aan de voorbereide vragen. De aanpassingen bestonden uit het toevoegen van de vraag "Waarom heb je voor Natuuropleiding gekozen?" en het toevoegen van meerdere vervolgvragen zodat het gesprek vloeiender verliep.

Alle deelnemerinterviews werden, met toestemming van de geïnterviewden, opgenomen. Het interview werd door twee personen uitgevoerd waarbij één persoon het interview leidde en de vragen stelde en één persoon notuleerde en aanvullende vragen stelde indien nodig.

### Data-analyse

Na afloop van de interviews zijn de audiobestanden uitgewerkt tot transcripten. Het uitwerken van de transcripten werd gedaan door degene die het interview had geleid en de vragen had gesteld. Deze transcripten werden vervolgens geanalyseerd in ATLAS.ti. Dit werd gedaan door codes toe te voegen aan stukken tekst. Hiermee werden de overkoepelende thema's helder en konden de individuele interviews met elkaar vergeleken worden.

Voor het analyseren van de transcripten is de methode van Braun en Clarke (2006) gebruikt. Dit is een thematische data-analyses methode. De methode van Braun en Clarke bestaat uit zes fases die uitgelegd zijn in Tabel 2. De uiteindelijke inductieve codes zijn te vinden in appendix A.4. De thema's worden verder behandeld in de resultaten van de interviews in Hoofdstuk 5. Voor een aantal van de interviews was er nog een extra stap, namelijk het valideren. Na het rapporteren werden quotes gevalideerd bij de deelnemers die daarom hadden gevraagd.

De fases waren uitgewerkt tot een concreet stappenplan (zie Tabel 2). Hierbij valt op te merken dat de zes fases niet per se lineair lopen, maar dat het mogelijk is om terug te gaan naar eerdere stappen (Maguire & Delahunt, 2017).

Tabel 2. Thematische data-analyse stappen volgens de theorie van Braun en Clarke (2006).

Analytische stappen	De stappen in ons onderzoek
1: Bekend worden met de data	De interviewer transcribeerde het interview. De tweede interviewer had tijdens het interview al aantekeningen gemaakt.
2: Initiële codes creëren	Na afloop van de interviews werd er een lijst met initiële codes ontwikkeld door beide interviewers. Tijdens het coderen van de transcripten werden er extra codes toegevoegd indien nodig.
3: Zoeken naar thema's	De codes werden ondergebracht in thema's en eventuele subthema's.
4: Thema's beoordelen	De thema's werden kritisch beoordeeld tijdens het analyseren van de interviews. Indien nodig werden thema's uitgebreid, samengevoegd of juist toegevoegd.
5: Definiëren van de thema's	De interviewers hebben alle thema's een definitie gegeven en gekeken naar de relevantie van het thema in combinatie met de onderzoeksvragen.
6: Rapporteren	De uiteindelijke thema's en de conclusies die hieruit zijn gehaald zijn ondergebracht in de resultaten van dit verslag (zie Hoofdstuk 5).

### 3.4 Verkenning potentiële leslocatie

#### *Doel*

Om een goed beeld te krijgen van de mogelijkheden voor werkvormen en (externe) excursies hebben we een potentiële leslocatie bezocht. Het doel was om een indruk te krijgen van hoe het is om als groep op zo'n locatie aanwezig te zijn, en een idee te krijgen van wat er op zo'n leslocatie te doen is. Het bezoek was dus vooral oriënterend van aard.

#### *Selectie locaties*

Voorafgaand aan het bezoek werden leslocaties geïnventariseerd aan de hand van de verschillende soorten plekken die we zouden willen bezoeken (natuur, boerderij, stikstofdepositie herstelgebied). Locaties werden gezocht in literatuur en op websites, en er werd advies gevraagd aan de experts tijdens de expertinterviews. Zo werd een longlist potentiële locaties opgesteld (Appendix B). Echter, gezien de tijd en middelen was het niet mogelijk om al deze locaties te bezoeken. Hierdoor hebben we uiteindelijk één locatie bezocht: boer Wim Stegeman, in een gecombineerd bezoek voor expertinterview en verkenning potentiële leslocatie. Deze selectie was dus grotendeels gebaseerd op praktische overwegingen. De locatie werd gezien als (voorbeeld van een) nuttige leslocatie omdat een biodynamische akkerbouwer iets verder van de stikstofdiscussie afstaat dan een intensief veehouder. Hierdoor kan wel een agrarisch perspectief opgenomen worden in de module.

#### *Aanpak*

Na ons expertinterview met Wim Stegeman zijn we rondgeleid op zijn akkerbouwbedrijf Saalland in Lelystad. Hierbij kregen wij uitleg over maatregelen die genomen worden ter bevordering van de biodiversiteit op het bedrijf. Tijdens het bezoek werden foto's gemaakt, en er werden aantekeningen gemaakt van de belangrijkste inhoudelijke uitleg. Na afloop hebben we als groep het bezoek geëvalueerd, met de hoofdvraag: wat hebben we geleerd van dit bezoek, en hoe zou dit toegepast kunnen worden in de leermodule?

#### *Dataverwerking*

De belangrijkste bevindingen van het bezoek werden verwerkt in een kort verslag (zie Hoofdstuk 6). De bevindingen uit dit verslag werden meegenomen bij het opstellen van de conclusies en adviezen voor ons project.

### 3.5 Lesdagen Natuuropleiding meelopen

#### *Doel*

Om een impressie te krijgen van de aangeboden modules van Natuuropleiding, zowel qua inhoud als qua vorm, hebben wij meegelopen op twee lesdagen.

#### *Selectie lesdagen*

Lesdagen zijn geselecteerd op basis van datum: er vielen slechts twee lesdagen tijdens ons project, namelijk de Vogeldag op 11 november, en een excursie naar Avolare op 9 december.

#### *Vogeldag*

Op deze dag gingen deelnemers met een vogelwachter het bos in om vogels te spotten. Hier waren twee van onze teamleden aanwezig bij de middag van de lesdag. Het doel van dit bezoek was heel oriënterend, met als primair doel om een beter beeld te krijgen van de doelgroep van Natuuropleiding en de sfeer op een lesdag.

#### *Avolare*

De tweede lesdag was de excursie naar Stichting Avolare op 9 december. Hier waren vijf van onze teamleden aanwezig bij de hele lesdag. Avolare is een wildopvang in Doorwerth waar zieke en gewonde dieren worden opgevangen, genezen en teruggezet in de natuur. Het doel van deze dag was om een concreter beeld te krijgen van de opzet van een lesdag qua activiteiten en tijdsindeling. Daarnaast hebben we hoofdzakelijk gelet op hoe er wordt omgegaan met emoties van deelnemers (door henzelf en de docent). Hierbij stelden we onszelf de volgende vragen: *hoe gaan deelnemers tijdens de lesdag om met emoties? Hoeveel tijd wordt er besteed aan uitleg geven, verwerkingsopdrachten en herhaling?*

Het was een bijzondere lesdag, want het was een excursie die het blok *dieren* afsloot. Daarnaast waren er maar drie deelnemers van Natuuropleiding aanwezig, wegens veel afzeggingen

voorafgaand aan de lesdag. Tijdens het interpreteren van de resultaten moet er dus rekening worden gehouden met het feit dat het geen doorsnee lesdag was en dat drie van de elf deelnemers aanwezig waren.

#### *Aanpak*

Bij beide bezoeken hebben we ingezet op participerende observaties, waar we zelf als deelnemers meeliepen aan de dag. Daarnaast hebben we op een informele manier vragen gesteld aan de deelnemers, voor een algemene indruk van hun ervaringen. Het was niet mogelijk om puur ter observatie mee te doen, aangezien de deelnemers op de hoogte gesteld werden van onze komst, en zelf ook contact met ons zochten. Gedurende de dag maakten we aantekeningen van opvallende onderdelen. Verder verwerkten we de impressies vooral aan de hand van een evaluatie achteraf, waarin we bespraken wat ons opviel, en wat voor ons de belangrijkste lessen waren met betrekking op de leermodule.

#### *Dataverwerking*

De belangrijkste bevindingen van het bezoek werden verwerkt in een kort verslag (zie Hoofdstuk 6). De bevindingen uit dat verslag werden meegenomen bij het opstellen van de conclusies en adviezen voor ons project.

### 3.6 Brainstormen over interactieve werkvormen en module-opzet

#### *Doel*

Om onze teamexpertise, expertgesprekken en het literatuuronderzoek te combineren tot concrete activerende werkvormen, hebben we twee brainstormsessies uitgevoerd: een voor interactieve werkvormen en een voor de lesopzet.

#### *Aanpak*

Tijdens de brainstormsessie voor interactieve werkvormen hebben we de volgende structuur aangehouden. Ideeën verzamelen: 20 minuten individueel verzamelen en uitschrijven van ideeën, aan de hand van alle mogelijke bronnen (google, waarnemingen uit expertinterviews, eigen creativiteit, eerdere verzameling). Ideeën ordenen: 20 minuten waarin de ideeën van de groep verzameld werden op een whiteboard en gegroepeerd aan de hand van haalbaarheid en focusgebied (chemie, natuur, emoties, etc.). Ideeën selecteren: 20 minuten waarin de ideeën besproken werden en onhaalbare ideeën verwijderd werden uit de selectie. De ideeën werden vervolgens genoteerd in de longlist activiteiten (zie Appendix B.1.).

De brainstormsessie over de opzet van de module had een andere vorm, een soort rollenspel. Tijdens deze brainstormsessie kreeg ieder groepslid een rol toebedeeld van een van de betrokkenen in ons gesprek: een deelnemer van de module, Lian vanuit de wetenschapswinkel, Arjen als onderwijsexpert, Paul als natuureducatie-expert, en Wieger als ecooloog. Ieder kreeg vijf minuten de tijd om te bepalen hoe deze persoon de opzet van de module voor zich zou zien. Vervolgens werd een ronde gedaan waarin iedereen één minuut kreeg om deze visie te presenteren. Hier werden aantekeningen van gemaakt. Vervolgens werden de gemeenschappelijke thema's en conflicterende visies besproken. Tot slot werd deze werkvorm herhaald met een focus op onze *eigen* visies voor de module. Ook hier werden aantekeningen voor gemaakt, en een globale consensus gezocht voor de opzet van de module.

#### *Verwerking*

Van beide brainstormsessies werden aantekeningen gemaakt. De ideeën van de brainstormsessie zijn direct als longlist opgenomen in het verslag. Het rollenspel over de opzet werd direct uitgevoerd vóór het samenstellen van het advies voor de opzet, en op die manier werden de conclusies meegenomen in de opzet.



## 4. Theoretisch kader

Zoals benoemd in Hoofdstuk 3 *Methoden en activiteiten* hebben we literatuuronderzoek en expertgesprekken gecombineerd om antwoord te geven op de onderzoeksvragen: *Welke wetenschappelijke kennis is van belang om de huidige situatie omtrent stikstofdepositie en biodiversiteit te begrijpen? En: Hoe kan de interactieve module de deelnemers aantrekkelijk en effectief kennis laten maken met de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit?* In dit hoofdstuk worden deze vragen beantwoord.

Het eerste deel van dit Hoofdstuk (4.1) bevat de wetenschappelijke kennis rond stikstofdepositie en biodiversiteit. Daarin beginnen we met een brede basis over stikstof. We lichten toe hoe het in de natuur voorkomt, uit welke processen de kringloop bestaat en wat de gevolgen zijn als deze kringloop verstoord raakt. Aansluitend benoemen we de bronnen van stikstofdepositie en in welke mate ze bijdragen aan de stikstofdepositie. Dan leggen we uit welke nadelige effecten stikstofdepositie op biodiversiteit heeft, waarom dit een probleem is en hoe deze effecten gemeten worden. We sluiten dit deel af met een toekomstperspectief op herstel, hoe dit nu wordt bepaald en uitgevoerd, en de effectiviteit daarvan. We onderbouwen dit met een succesvolle casusbeschrijving van het Korenburgerveen.

Het tweede deel van dit Hoofdstuk (4.2) gaat in op de educatieve en pedagogische achtergrond die toepasselijk is op educatie algemeen, en natuureducatie specifiek.

Om de leesbaarheid te bevorderen, begint elke sectie met de kernboodschap van dit onderdeel. Daarnaast zijn moeilijke begrippen de eerste keer dikgedrukt, en deze termen zijn terug te vinden in Hoofdstuk 9 *Begrippenlijst*.

### 4.1 Theoretische achtergrond over stikstof

#### 4.1.1 Stikstof in het algemeen

##### **Kernboodschap voor de module:**

Stikstof is een element met notatie N. De lucht bestaat uit 78% niet reactief stikstofgas (N<sub>2</sub>). Daarnaast zit dit gas ook in alledaagse dingen zoals vliegtuigbanden, slagroomsputten en gloeilampen. Als het stikstofgas zo sterk afgekoeld wordt dat het vloeibaar is (-196 °C) kan het bijvoorbeeld gebruikt worden om wratten aan te stippen, te koken, organen in te vriezen en om metalen constructies te maken. Stikstof is daarnaast de basis voor alle eiwitten en dus voor al het leven op aarde. Het zit in planten, dieren, mensen, bacteriën, ga zo maar door.

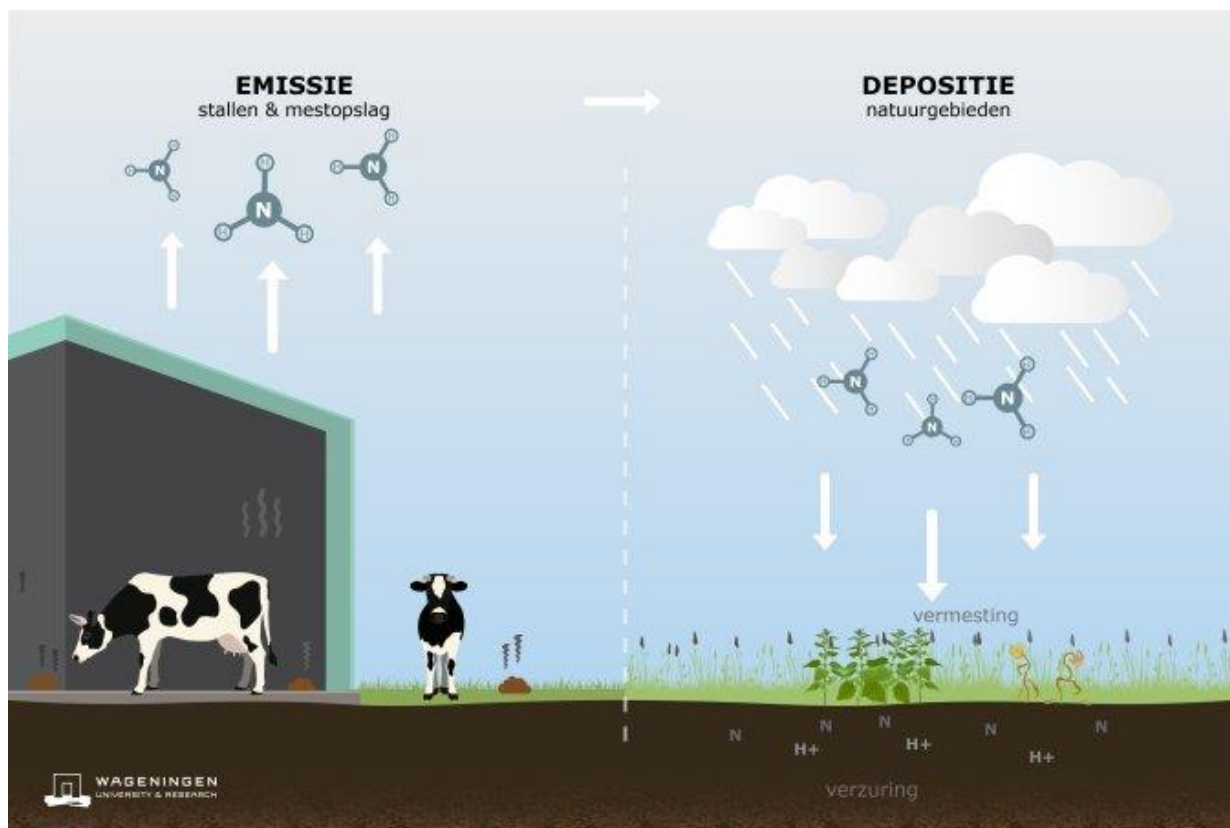
Van de vele vormen die stikstof aan kan nemen, zijn er maar twee belangrijk als we het hebben over de stikstofdepositie: stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en ammoniak (NH<sub>3</sub>). Het effect van deze stoffen wordt in de volgende hoofdstukken uitvoerig behandeld.

Stikstof is een element dat genoteerd wordt met de letter N. Stikstof speelt een belangrijke rol in de natuur, waar we later op ingaan, het heeft daarnaast ook veel andere toepassingen (zie Figuur 1). De grootste hoeveelheid stikstof om ons heen is stikstofgas (**N<sub>2</sub>**). De lucht bestaat bijvoorbeeld voor 78% uit N<sub>2</sub> (RIVM stikstof, z.d.). N<sub>2</sub> is bij kamertemperatuur en normale druk een gas. Dit stikstofgas reageert niet met andere moleculen, waardoor het niet schadelijk is en juist gebruikt kan worden voor uiteenlopende doeleinden. In de voedingsindustrie wordt N<sub>2</sub> gebruikt als drijf- en verpakkingsgas om bijvoorbeeld druk te vormen in spuitbussen, of om medicijnen steriel te houden. Het heet dan E941 (Voedingscentrum, z.d.). Dat het een E nummer heeft, betekent dat het door de EU is goedgekeurd voor consumptie. Daarnaast wordt stikstofgas ook gebruikt in gloeilampen. Als het wolfram draadje van een brandende gloeilamp in contact komt met zuurstof, verbrandt de draad. N<sub>2</sub> daarentegen, is niet reactief en veelvoorkomend. Daarom wordt het gebruikt om gloeilampen te vullen in de plaats van 'normale' lucht (Omega Air, z.d.). Ook de banden van raceauto's en vliegtuigen worden gevuld met N<sub>2</sub>. In dit geval om warmteontwikkeling





Stikstof kan daarnaast ook een verbinding maken met waterstof, bijvoorbeeld **ammoniak** ( $\text{NH}_3$ ). **Ammonia**, een oplossing van ammoniak in water, is een bekend schoonmaakmiddel dat al lang gebruikt wordt om te ontvetten. Daarnaast kan ammoniak in de bodem direct opgenomen worden door planten en verwerkt worden tot eiwitten die essentieel zijn voor het functioneren van de plant. Ammoniak is echter ook een van de stoffen die het meest vrijkomt uit mest. Ondanks de belangrijke rol van ammoniak in de kringloop, kan het schadelijk zijn als er te veel ammoniak in natuurlijke systemen komt. Dit leidt tot **verzuring** van de bodem en uiteindelijk een afname in **biodiversiteit** (zie Figuur 2) (WUR, z.d.). Dit wordt uitvoerig behandeld in de volgende hoofdstukken.



Figuur 2. Effect van stikstof emissie en depositie op natuurgebieden  
Bron: WUR, z.d.

#### 4.1.2 Stikstofkringloop

##### **Kernboodschap voor de module:**

De stikstofkringloop is een cyclus waarin stikstof verschillende structuren aanneemt en onderdeel wordt van verschillende organismen die het gebruiken voor groei. De kringloop is complex door de vele vormen en processen en bevat ook uitwegen. De uitwegen zijn vervluchtiging en uitspoeling. Vervluchtiging is het proces waarbij ammoniakgas niet gedeponerd wordt maar onderdeel wordt van de atmosfeer. Uitspoeling gebeurt als er teveel nitraat in het grondwater zit en niet wordt opgenomen door de planten en afgevoerd wordt naar oppervlaktewater.

Om de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit te begrijpen kan de **stikstofkringloop** niet ontbreken. De stikstofkringloop is een cyclus met veel processen en verschillende chemische structuren van stikstof. Eerst zal de natuurlijke versie van de kringloop uitgelegd worden, waarna de verstoringen aangegeven worden en hoe dit leidt tot een overschot aan stikstofdepositie.

### De natuurlijke kringloop

Figuur 3 geeft een versimpeld overzicht van de stikstofkringloop en Figuur 5 (zie pagina 21) geeft een complexer schematisch overzicht die uitgelegd wordt in onderstaande stappen. De natuurlijke kringloop begint bovenaan in de figuur met stikstof als gas ( $N_2$ ) in de lucht. Ongeveer 78% van de lucht bestaat uit stikstof en is onschadelijk (*Stikstof - stikstofoxiden (NOx), z.d.*).

### Stikstoffixatie

Planten gebruiken stikstof voor groei maar kunnen  $N_2$  niet direct opnemen. De  $N_2$  kan worden omgezet door middel van stikstoffixerende bacteriën tot het gas ammoniak ( $NH_3$ ) wat weer naar **ammonium**, ( $NH_4^+$ ) wordt omgezet. De bacteriën hebben een samenwerking met de plant waarbij ze organische stoffen van de plant krijgen om te blijven leven en leveren hiervoor ammonium aan de plant (Sprent, 2005). De bacteriën leven in de **wortelknolletjes** (Figuur 4) van planten, of los in de bodem (Sharma et al, 2023). Ammonium kan door planten worden opgenomen en wordt gebruikt als bron van stikstof. Dit proces waarbij stikstofgas opgenomen wordt door planten heet **stikstoffixatie** (Fujita & Uesaka, 2022).

Een andere manier voor planten om stikstof binnen te krijgen is via stikstofoxiden ( $NO_x$ ). Stikstofoxiden vormen uit chemische reacties tussen stikstof en zuurstof bij hoge temperaturen. Deze gassen komen in de lucht door onder andere verkeer, industrie en bliksem. De stikstofoxiden belanden in de bodem door **droge depositie**, via wind, of **natte depositie**, via neerslag. De stikstofoxiden lossen op in de druppels en worden **nitraat** ( $NO_3^-$ ). De regen infiltreert in de bodem en planten kunnen met hun wortels het nitraat opnemen (*Stikstof - stikstofoxiden (NOx), z.d.*).

### Stikstofassimilatie

Ammonium en nitraten kunnen wel worden opgenomen door planten in tegenstelling tot  $N_2$ . Ze worden gebruikt voor het groeien van de plant, door het vormen van **DNA**, eiwitten en **chlorofyl**. Dit proces heet **stikstofassimilatie** (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2023).

### Voorgezette assimilatie

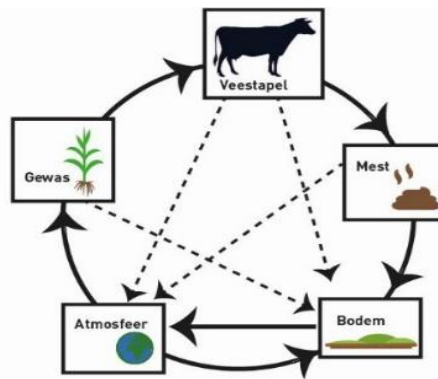
Assimilatie van stikstof kan gebeuren op meerdere niveaus. Zo kan de plant gegeten worden door een schaap en de schaap door een wolf. Op elk niveau wordt van de opgenomen stikstof weer stikstofhoudende organische stoffen gemaakt, **aminozuren** en DNA.

### Dissimilatie

Dieren en planten brengen stikstof in hun omgeving. Dit kan door uitscheiding of als het organisme sterft. Bij het proces van dissimilatie, het afbreken van de stikstofstructuren, wordt **ureum** ( $CH_4N_2O$ ) gevormd. Ureum is een afvalproduct met verteerde eiwitten die uit aminozuren bestaan gevormd in de lever. Via urine komt ureum in de omgeving terecht (De Stikstofkringloop, z.d.).

### Ammonificatie

Ureum wordt omgezet tot ammoniak door urobacteriën wat **ammonificatie** heet. Dit gebeurt wanneer urine mengt met mest, wat de hoge ammoniak uitstoot van veehouderij stallen verklaart (Aanpakken, z.d.). Een andere vorm van ammonificatie is als een organisme begint te rotten nadat het gestorven is. Het rottingsweefsel wordt door middel van rottingsbacteriën omgezet tot ammoniak. Ammonificatie wordt gedaan door microorganismen in de bodem of water (Romillac, 2019). Het gevormde ammoniak kan weer worden omgezet tot stikstofgas door **anaerobe deammonificerende bacteriën**, oftewel in een omgeving zonder zuurstof. Deze bacteriën leven in het water en zijn ontdekt in een rioolzuiveringswaterinstallatie in Delft. De bacteriën worden nu ingezet om ammonium uit afvalwater en ammoniak uit gas te halen en dit om te zetten naar onschadelijk stikstofgas (Cabello, 2019) (*ANAMMOX, z.d.*).



Figuur 3. Simpel schematisch overzicht van stikstofkringloop. Bron: <https://www.dlvad.vies.nl/nieuws/inzicht-in-koolstofkringloop/781>



Figuur 4. Wortelknolletjes. Bron: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Stikstofwortelknolletje>

### Nitrificatie

Ammoniak kan dus direct worden omgezet tot stikstof door de deammonificerende bacteriën, maar in een omgeving met zuurstof kan nitrificatie plaats vinden. Onder aerobe omstandigheden wordt ammoniak omgezet tot **nitriet ( $\text{NO}_2^-$ )** door nitrietbacteriën. Het gevormde nitriet is een tussenproduct en kan vervolgens door nitraatbacteriën omgezet worden tot nitraat.

### Denitrificatie

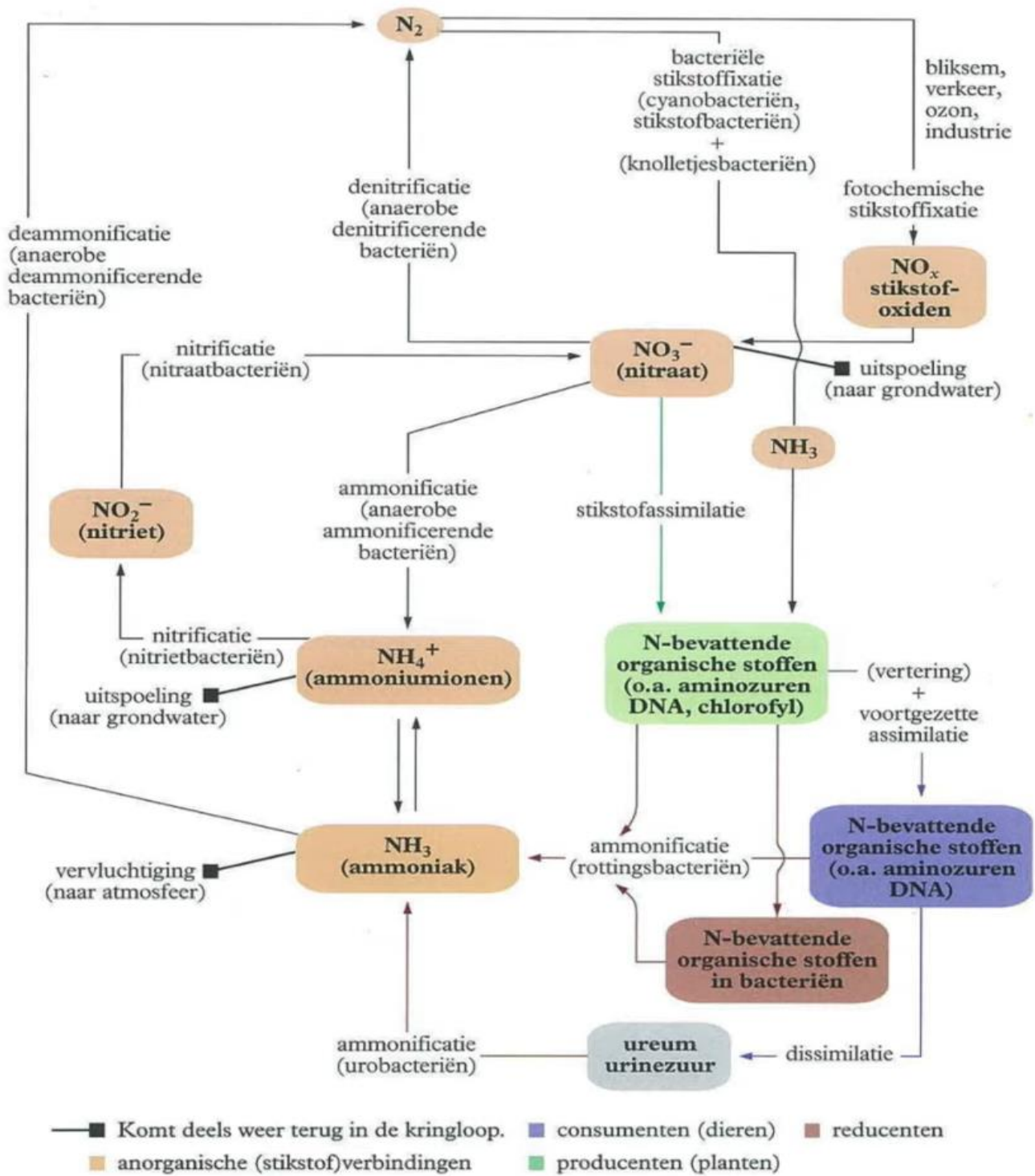
Het gevormde nitraat kan worden opgenomen door de plant voor assimilatie of gebruikt worden voor denitrificatie. **Denitrificatie** is het proces waarbij denitrificerende bacteriën nitraat omzetten in stikstofgas. Dit proces kan alleen gebeuren in een anaerobe omgeving (Hawkes et al., 2017).

### Verliezen

Er zijn ook een aantal uitwegen in de kringloop. De eerste is **vervluchting**. Ammoniak kan vervluchtigen uit urine en mest en een deel kan dan droog of nat gedeponeerd worden (Ammoniak, z.d.). Het overige deel kan als gas onderdeel worden van de atmosfeer. Een andere manier is via **uitspoeling**. Nitraat kan moeilijk aan bodem deeltjes binden en kan dus meegenomen worden door water in de bodem (Johnson et al, 2005). Dit kan tot hoge nitraatconcentraties leiden in oppervlakte- en grondwater. Zowel vervluchting als uitspoeling zijn belangrijk als we het hebben over stikstofverliezen en water- en natuurkwaliteit, maar als we het hebben over stikstofdepositie gaat het specifiek over stikstof die via de lucht op het land terecht komt. Uitspoeling zullen we dus minder behandelen in de rest van dit document.

### De verstoorde cyclus

In Nederland is sprake van een stikstofoverschot. Het stikstofbodemoverschot is de hoeveelheid stikstof die neerkomt op de bodem en niet wordt opgenomen door planten (Hooijboer, 2021). Dat er een overschot is, komt door de uitstoot van ammoniak en stikstofoxiden. De ammoniakuitstoot is hoog door verdampende mest van intensieve veeteelt en stikstofoxiden komen voornamelijk uit verkeer en industrie (*Stikstof*, z.d.). Dit wordt in meer detail behandeld in het volgende hoofdstuk over de bronnen van de stikstofdepositie in Nederland.



Figuur 5. Schematisch overzicht van de stikstofkringloop. Bron: <https://www.youtube.com/watch?v=fw413dIw9gA>



### 4.1.3 Bronnen van stikstofdepositie in Nederland

#### Kernboodschap voor de module:

Stikstofdepositie komt van allerlei bronnen uit binnen- en buitenland die ammoniak ( $\text{NH}_4$ ) en stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) uitstoten. Een aantal bronnen dragen duidelijk het meest bij. Landbouw (veehouderij) draagt het meest bij aan de stikstofdepositie in Nederland, met name omdat ammoniak vrijkomt uit dierlijke mest. Er is zoveel stikstof in de landbouw omdat er veel veevoer en kunstmest geïmporteerd wordt vanuit het buitenland. De producten worden vaak geëxporteerd, maar de stikstofverliezen vinden hier plaats en hopen op in de natuur. Verkeer en industrie zorgen voor uitstoot van stikstofoxiden.

De stikstofdepositie in Nederland is de afgelopen decennia sterk afgenomen, maar sinds 2010 neemt het niet meer af. De overschotten aan stikstof hopen op in de natuur. De hoeveelheid stikstofdepositie is daarom nog steeds te hoog om natuur te beschermen.

Zoals we in de vorige hoofdstukken hebben gelezen, komt stikstof van nature voor in de natuur in allerlei vormen, waarvan maar een deel reactief is. We hebben geleerd dat stikstof uit de lucht kan neerslaan op bodem of landoppervlak, in een proces wat we stikstofdepositie noemen. In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de bronnen van deze stikstofdepositie in Nederland.

#### Waar komt stikstofdepositie vandaan?

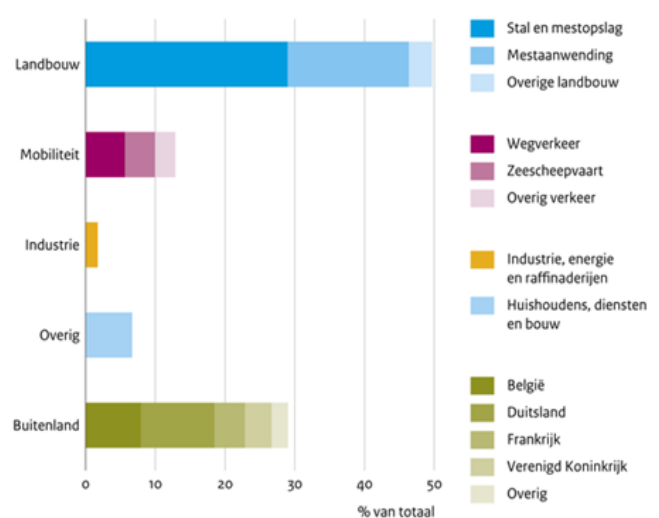
Als we het hebben over stikstofdepositie zijn er twee belangrijke vormen van stikstof: stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) en ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Stikstofoxiden dragen ongeveer 30% bij aan de stikstofdepositie in Nederland, ammoniak de overige 70% (RIVM, 2022). Stikstofdepositie begint met uitstoot van deze stoffen naar de lucht (**emissie**), waarna ze uiteindelijk belanden op land of water (depositie). Over het algemeen worden stikstofoxiden vooral uitgestoten door verkeer en industrie, en ammoniak vooral door de landbouw, met name veehouderij. Een deel van deze stikstof slaat direct in de omgeving neer, maar een groot deel van de stikstof vormt **fijnstofdeeltjes** in de lucht die honderden kilometers kunnen afleggen voordat ze ergens neerslaan (TNO, 2019). Hierdoor komt niet alle stikstofdepositie op Nederlandse grond ook van Nederlandse uitstoot, en andersom. In 2021 kwam 29% van de Nederlandse stikstofdepositie uit het buitenland – maar de export van stikstofdepositie naar het buitenland was vier à vijf keer zo hoog (CBS, 2023a). Nederland is hierdoor netto een exporteur van stikstof naar het buitenland.

#### Wat zijn de grootste bronnen van stikstofdepositie in Nederland?

In Nederland levert landbouw, met name veehouderij, het grootste aandeel aan de stikstofdepositie. De landbouwsector was verantwoordelijk voor 50% van de Nederlandse stikstofdepositie in 2021 (Figuur

6; CBS, 2023a). Let op: omdat 29% van de Nederlandse stikstofdepositie uit het buitenland komt, komt maar 71% uit Nederland zelf. Van de stikstof uit het buitenland is landbouw ook de grootste bron; het totale aandeel van landbouw is dus meer dan 50%. Binnen de landbouw komt verreweg de meeste stikstofdepositie vanuit de (intensieve) veehouderij. Stikstofdepositie is veelal afkomstig van dierlijke mest. Zowel mest als urine bevat veel stikstof: mest omdat de dieren niet alle stikstof uit hun voer kunnen opnemen; urine omdat er veel stikstof in afvalstoffen zit, met name in de vorm van ureum. Deze stikstof zit nog in andere vormen wanneer het in

Herkomst stikstofdepositie in Nederland gemiddeld, 2021



Bron: RIVM 2022

Figuur 6. Bronnen van stikstofdepositie in Nederland.

RIVM/jan23  
www.dlo.nl/nl050713



urine en mest aanwezig is; maar als ze met elkaar in contact komen, ontstaat ammoniak. Het grootste deel van de stikstofemissies gebeurt direct in de stal en bij opslag van de mest, gevolgd door emissies tijdens het uitrijden van de mest. Stikstof komt hier vrij doordat de ammoniak makkelijk kan verdampen uit dierlijke mest of kunstmest wanneer dit wordt uitgereden over het land (Sommer, 2001). Hoeveel ammoniak exact vrijkomt hangt van allerlei factoren af, zoals de stikstofconcentratie in de mest, hoe en waar de mest wordt opgeslagen en aangebracht, op welk gewas en welke bodem het wordt aangebracht, en zelfs windsnelheid en zonne-intensiteit (Sommer, 2001). Er wordt daarom veel onderzoek gedaan naar manieren om de stikstofemissie te verlagen door technische maatregelen die met deze factoren te maken hebben, zoals emissiearme stallen waar bijvoorbeeld urine en vaste mest zo veel mogelijk gescheiden worden om vorming en verdamping van ammoniak te voorkomen (bijvoorbeeld Mencaroni, 2021). Deze technische maatregelen blijken in de praktijk alleen vaak minder effectief dan gehoopt (Bremmer, 2022).

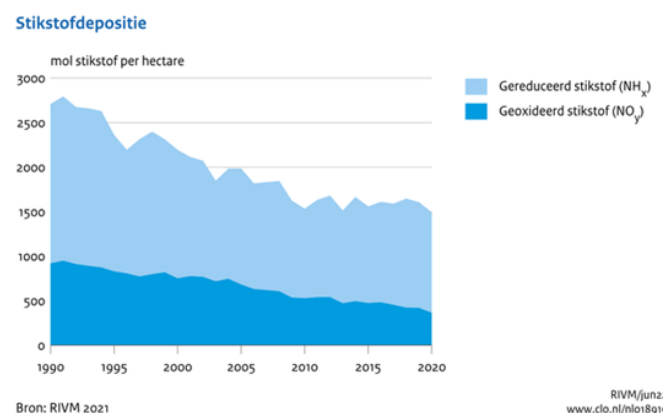
Wat betreft stikstofoxiden spelen vooral verkeer en industrie een rol, verantwoordelijk voor 13% en 3% van de stikstofdepositie. Stikstofoxiden worden hier gevormd doordat verbranding op hoge temperaturen ervoor zorgt dat stikstof en zuurstof uit de lucht met elkaar reageren. Daarnaast bevatten fossiele brandstoffen, met name olie en bruinkool, ook lage hoeveelheden stikstof die vrijkomen bij verbranding. Over het algemeen verspreidt de emissie van de industrie en verkeer zich over grotere afstanden dan emissie van de landbouw (van der Maas, 2021).

### Waarom is er zoveel stikstof in Nederland?

Feit is dat Nederland een enorme veestapel heeft, met onder andere zo'n 100 miljoen kippen, 11 miljoen varkens, en 4 miljoen koeien in 2021 (CBS, 2021). Daarmee heeft Nederland het hoogste aantal dieren per hectare van Europa (Eurostat, 2023). Deze dieren worden grotendeels gevoed door voer dat geïmporteerd wordt van buiten Nederland: ofwel door directe import van (ingrediënten voor) **krachtvoer**, met name soja; ofwel door import van kunstmest die gebruikt wordt voor het groeien van gras en voer op eigen bodem. Naar schatting komt maar zo'n 7 tot 12% van de basismaterialen voor krachtvoer uit Nederland (Nevedi, 2019; Het Comité, 2019). Veel van de dierlijke producten worden vervolgens weer geëxporteerd naar het buitenland, maar de stikstof die verloren gaat in het proces (door met name mest en urine) blijft achter in Nederland. Het is moeilijk te zeggen hoeveel stikstof er precies wordt geïmporteerd naar en geëxporteerd vanuit Nederland, omdat we ook veel menselijk voedsel importeren en exporteren. Maar wanneer we puur kijken naar de landbouw is wel duidelijk sprake van een meetbaar "stikstofoverschot": er gaat veel meer stikstof de landbouwsystemen in dan er weer via producten naar buiten gaat. In 2020 werd er ongeveer 685 miljoen kilo stikstof de landbouw binnengebracht, met name door krachtvoer en kunstmest. De uitvoer was maar 365 miljoen kilo in de vorm van dierlijke of plantaardige producten. Het stikstofoverschot was dus ongeveer 306 miljoen kilogram, bijna de helft, wat verloren ging aan bodem of lucht (CBS, 2022b). Die stikstof hoopt op in de natuurlijke systemen.

### Is stikstofdepositie toe- of afgenomen in de laatste jaren?

De totale stikstofdepositie in Nederland was in 2022 ongeveer 1525 mol/ha/jaar (CBS, 2023a). Dit is in de afgelopen decennia flink afgenomen van rond de 2700 mol/ha/jaar in 1990 (Figuur 7; CBS, 2022). Deze daling geldt voor zowel ammoniak als stikstofoxiden. De uitstoot van stikstofoxiden is in deze periode met 71% gedaald, met name door maatregelen in het verkeer en de industrie (CBS, 2023b). De uitstoot van ammoniak is met 65% afgenomen in deze periode, met name door krimp van de veestapel, maar ook door technische maatregelen voor bijvoorbeeld voersamenstelling, stallen (luchtwassers), mestopslag en **mestaanwending** (CBS, 2023b; Mencaroni 2021). Echter, deze daling vond vooral plaats tussen 1990 en 2010. Bovendien valt te bediscussiëren of deze reductie daadwerkelijk zo groot was, of het gevolg is van



Figuur 7. Ontwikkeling van stikstofdepositie in Nederland tussen 1990 en 2020.





overschattingen van de effectiviteit van technische maatregelen. Technische maatregelen blijken namelijk, zoals besproken, vaak minder effectief dan aanvankelijk uit onderzoek verwacht werd (Bremmer, 2022). Als deze verwachtingen gebruikt zijn voor de modelberekeningen, kan dit ervoor zorgen dat de stikstofdepositie wordt onderschat.

Sinds 2010 daalt de uitstoot van stikstofoxiden volgens de modellen nog wel, maar de uitstoot van ammoniak (door landbouw) lijkt zelfs iets toegenomen te zijn vanaf dat jaar (CBS, 2022). Ondanks de afname in stikstofdepositie door de jaren heen, is de stikstofdepositie hiermee nog altijd te hoog om onze natuurgebieden te beschermen. In de Wet Stikstofreductie en Natuurverbetering is bijvoorbeeld vastgesteld dat de stikstofemissie in 2030 26% lager moet zijn dan in 2021, en in 2035 50% lager moet zijn (LNV, 2022). Dit gaat dus om grote afnames. In het volgende hoofdstuk wordt besproken waarom en hoe stikstofdepositie een effect heeft op biodiversiteit.

#### 4.1.4 Effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit

##### **Kernboodschap voor de module:**

Biodiversiteit is, kort gezegd, een rijkdom aan soorten in de natuur. Door stikstofdepositie kan deze soortenrijkdom afnemen, door twee mechanismen: vermistening en verzuring. Bij vermistening komt er veel stikstof beschikbaar voor planten, waardoor snelgroeiende plantensoorten de kans krijgen om andere plantensoorten te verdringen. Bij verzuring wordt de bodem zuurder, waardoor bepaalde planten minder goed groeien, en belangrijke nutriënten uit de bodem kunnen verdwijnen.

Als er minder plantensoorten zijn, dan zorgt dat ook dat er minder diersoorten kunnen leven van deze planten. Een verlies aan plantensoorten heeft dus grotere effecten op biodiversiteit.

We hebben inmiddels uitvoerig besproken waar stikstofdepositie vandaan komt. Maar wat is het effect van deze stikstofdepositie? Waarom wordt veel stikstofdepositie gezien als een probleem? In dit hoofdstuk zullen we deze vragen bespreken.

##### *Wat is biodiversiteit?*

In de Conventie voor Biologische Diversiteit uit 1992 is biodiversiteit als volgt gedefinieerd: “*de variabiliteit in organismen uit de gehele wereld, waaronder terrestrische, mariene en andere aquatische ecosystemen en de ecologische verbanden waar ze deel van uitmaken; de diversiteit betreft de variatie binnen soorten (genen), tussen soorten en tussen ecosystemen.*” (CBD, 1992). Dat is een hele mond vol. Wiegier Wamelink, ecooloog bij Wageningen University & Research, legt de essentie in simpele woorden als volgt uit: “al het leven op aarde vormt samen de biodiversiteit – en als er soorten verdwijnen dan is dat een verlies aan biodiversiteit” (Appendix A1). Hoe je biodiversiteit ook precies definieert, waar het om gaat is dat er een grote variatie aan leven is, op allerlei manieren. Hierbij speelt ook een rol of deze soorten in biologisch evenwicht zijn, waardoor deze variatie kan blijven bestaan.

Biodiversiteit is ontzettend belangrijk voor het functioneren van ecosystemen, en daarmee ook voor het functioneren van de menselijke samenleving. De bijdrage van ecosystemen aan de menselijke samenleving zijn in kaart gebracht als “**ecosysteemdiensten**”. Voorbeelden van zulke ecosysteemdiensten zijn waterzuivering, voedselproductie, bestuiving en bestrijding van plagen, maar bijvoorbeeld ook: verkoeling in de stad, en ruimte voor recreatie (Wallace, 2007). Omdat levende organismen met elkaar in verbinding staan in een biologisch evenwicht, kan het verdwijnen van één soort al grote effecten hebben op vele andere soorten, en daarmee ook de mens. Zo zijn roofdieren ontzettend belangrijk om een populatie prooidieren in balans te houden, zodat zij niet al hun voedselplanten opeten. Naast deze voor de mens nuttige functies van biodiversiteit kan je ook beargumenteren dat biodiversiteit waarde heeft in zichzelf, bijvoorbeeld omdat elk leven het waard is om te leven, of simpelweg omdat iemand de natuur mooi vindt. Hoewel dit een persoonlijke afweging is, kan het een grote rol spelen voor mensen die de natuur of biodiversiteit willen beschermen. De verschillende visies op biodiversiteit en natuur zijn van

groot belang in discussies over stikstof: sommigen zien een weiland bijvoorbeeld als een mooi stuk natuur, anderen zien het als een "groene woestijn" waar geen natuur te vinden is.

Biodiversiteit kun je op verschillende manieren meten en onderzoeken. Een simpele methode is het tellen van soorten, waarbij een hoger aantal soorten een indicatie is van een hogere biodiversiteit. Dit noem je **soortenrijkdom**. Dit is in de praktijk vaak nog niet zo makkelijk: planten zijn nog wel te tellen, maar het wordt een stuk moeilijker om bewegende dieren te tellen, zoals vliegende insecten, vogels, of zoogdieren. Daarnaast bevinden veel planten zich alleen als zaad in de grond. Van het bodemleven weten we nog minder, want dit is niet makkelijk zichtbaar en wordt nauwelijks gemeten. Dit terwijl we weten dat ondergrondse biodiversiteit een grote invloed heeft op bovengrondse biodiversiteit, en het functioneren van de bodem algemeen (Bardgett & Van der Putten, 2014).

Soortenrijkdom is maar één deel van biodiversiteit: het maakt bijvoorbeeld ook uit hoe aanwezig deze soorten zijn. Als één soort heel dominant is, dan is dat vaak geen goed teken voor de biodiversiteit. Het is van belang hoe de soorten tot elkaar in relatie staan. Daarnaast is **genetische diversiteit** binnen de soorten ook belangrijk. Er zijn daarom verschillende methoden en indicatoren om biodiversiteit te meten, en de keuze voor de methode hangt af van het doel van het onderzoek (Duelli, 2003).

Biodiversiteit kent dus een heleboel verschillende onderdelen: planten, insecten, reptielen, vogels, zoogdieren, bodemleven, etc. Maar voor de effecten van stikstofdepositie starten we bij de planten, omdat zij aan de basis staan van de voedselketen en direct reageren op de effecten van stikstofdepositie. De andere effecten op biodiversiteit zijn vaak een gevolg van het effect op planten. Een verlies aan plantenbiodiversiteit zorgt uiteindelijk ook voor een verlies aan diversiteit voor alle dieren die afhankelijk zijn van deze planten voor hun voeding, in de bodem, op het land en in de lucht.

#### *Waarom zorgt stikstofdepositie voor een verlies aan biodiversiteit?*

Zoals we eerder hebben uitgelegd, hebben planten stikstof nodig, maar wordt het een probleem wanneer er *te veel* stikstof aanwezig is. Een te hoge stikstofdepositie in natuurgebieden zorgt op twee belangrijke manieren voor een afname in de biodiversiteit: **vermesting** en **verzuring** (Wamelink, 2021). Dit zijn niet de enige mechanismen waardoor stikstofdepositie de biodiversiteit beïnvloedt, maar wel de belangrijkste; andere mechanismen laten we daarom voor deze leermodule buiten beschouwing. Vermesting is een teveel aan voedingsstoffen in de bodem. Verzuring is het zuurder worden van de bodem. Vermesting speelt de belangrijkste rol omdat dit altijd gebeurt bij stikstofdepositie, terwijl verzuring alleen gebeurt op bodems die gevoelig zijn voor verzuring doordat ze een lage **buffercapaciteit** hebben (Bobbink, 2022). De buffercapaciteit van een bodem is de mate waarin een bodem een constante **pH** (zuurgraad) kan houden als er zuren of basen worden toegevoegd. Zowel vermesting als verzuring zullen we hieronder in meer detail uitleggen.

**Vermesting** (ook wel **eutrofiëring** genoemd) is een direct gevolg van stikstofdepositie: doordat stikstof in de vorm van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) of stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) neerslaat op de bodem van natuurgebieden, is er meer stikstof in de bodem beschikbaar voor de planten (de Vries, 2008; Wamelink, 2021). In de regel is stikstof een beperkende factor voor plantengroei: er is doorgaans niet veel stikstof in de bodem aanwezig, en als er meer stikstof aanwezig is, zouden de planten sneller groeien. Het verschilt echter hoe planten omgaan met de hoeveelheid stikstof in de bodem, en dit beïnvloedt daardoor welke planten in een gebied kunnen groeien. Juist natuurgebieden met hoge biodiversiteit zijn vaak voedselarme gebieden. De planten die daar groeien hebben veel verschillende strategieën ontwikkeld om met tekorten aan deze nutriënten (voedingsstoffen) om te gaan. Hierdoor kunnen al deze planten naast elkaar bestaan (Bobbink *et al.*, 1998). Vindt vermesting met stikstof plaats, dan is er geen tekort meer aan stikstof, en zijn de strategieën van deze planten dus geen voordeel meer voor de overleving. In plaats daarvan winnen dan verdringende soorten de competitie: dit zijn soorten die snel kunnen groeien wanneer er veel stikstof in de bodem is (Wamelink, 2023). Dit leidt ertoe dat andere plantensoorten worden verdrongen, en gebieden worden gedomineerd of overwoekerd door een paar van deze verdringende soorten (zie Figuur 8). Soms zorgt dit ervoor dat er in totaal meer biomassa groeit, waardoor het zou kunnen lijken alsof dit juist een goede ontwikkeling is. Maar er zijn dan wel minder verschillende plantensoorten aanwezig: de biodiversiteit neemt af.





Figuur 8. Een heidegebied wat recent hersteld is (links) en drie jaar geleden hersteld is, maar inmiddels weer is overwoekerd met gras (rechts). Bron: natuurmonumenten. <https://www.natuurmonumenten.nl/nieuws/wat-doet-stikstof-met-de-heide-kampina>

Voorbeelden van verdringende soorten die de andere soorten kunnen **wegconcurreren** zijn brandnetels, bramen, grassen (bijvoorbeeld pijpenstrootje of bochtige smele), ridderzuring, en ook: sommige jonge boompjes die makkelijker ontkiemen door de grotere hoeveelheid beschikbare stikstof in de bodem (zie Figuur 9). Soorten die goed gedijen op stikstofarme bodem zijn bijvoorbeeld heide en zeldzame planten zoals veenmos (in hoogveen), valkruid (in graslanden en soortenrijke heidegebieden). Dit is een algemene indicatie, maar de precieze soorten en de reactie op stikstofdepositie verschillen per type natuurgebied.



Figuur 9. Voorbeelden van verdringende soorten: v.l.n.r. brandnetel, braam, pijpenstrootje, bochtige smele en ridderzuring. Bron: Flora van Nederland.

Naast vermessing vindt ook **verzuring** plaats, wat betekent dat de bodem zuurder wordt, ofwel een lagere pH krijgt (Bowman, 2008). Dit heeft directe effecten op planten die slecht tegen zure omstandigheden kunnen. Maar vooral: verzuring heeft invloed op de andere nutriënten in de bodem. Door verzuring kan aluminium vrijkomen, wat giftig kan zijn voor planten en bodemleven (van Breemen & van Dijk, 1988). Daarnaast is er door verzuring minder calcium, magnesium en kalium in de bodem aanwezig (waarom), wat kan leiden tot mineralentekorten van deze mineralen in planten (Dise *et al.*, 2011; Horswill, 2008). Dit beïnvloedt dan weer niet alleen de planten, maar ook alle dieren die afhankelijk zijn van de planten. Een heel sprekend voorbeeld hiervan is dat slakken minder calcium in hun huisjes kunnen opnemen, waardoor ook vogels te weinig calcium binnenkrijgen, wat uiteindelijk kan leiden tot minder broedsucces voor de vogels door zwakke eierschalen of gebroken pootjes bij jonge vogels (zie bijvoorbeeld Graveland, 1994).

Verzuring is kort uit te leggen als een overschot aan **H<sup>+</sup>-ionen** in de bodem. Zowel ammoniak als stikstofoxiden kunnen bijdragen aan deze verzuring. Dit gebeurt volgens meerdere chemische reacties waarbij veel zaken meespelen. Zo kunnen stikstofoxiden in de lucht met water en zuurstof reageren tot salpeterzuur (HNO<sub>3</sub>), wat in de bodem het H<sup>+</sup> weer kan afgeven. Ammoniak kan zorgen voor verzuring doordat tijdens nitrificatie (zie Hoofdstuk 4.1.2 Stikstofkringloop) ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) wordt omgezet in nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), waardoor de H<sup>+</sup>-ionen van de ammonium vrijkomen in de bodem (de Vries, 2008). Daarnaast zijn er indirecte mechanismen die zorgen voor verzuring van de bodem: als nitraat niet opgenomen wordt door planten en het spoelt weg, dan neemt het vaak andere mineralen met zich mee die werken als **basen**, het tegenovergestelde van zuren. Hierdoor kan de bodem minder goed bufferen, en verzuurt de bodem dus sneller.

### Indicatorsoorten

Aangezien het moeilijk is om alle planten of organismen in een gebied te monitoren, wordt gebruik gemaakt van **indicatorsoorten** of *kwalificerende soorten* om de kwaliteit van natuur te onderzoeken. Deze soorten kunnen gebruikt worden om vast te stellen of een habitat in goede

kwaliteit is: ze komen specifiek voor in plantengemeenschappen als er een goede habitatkwaliteit is (Wamelink, 2021). Vaak is een indicatorsoort karakteristiek voor specifieke milieuomstandigheden; verschillende indicatorsoorten laten dus verschillende dingen zien over natuurgebieden. Indicatorsoorten kunnen zowel zeldzame als algemene soorten zijn.

Bij onderzoek naar **habitat**kwaliteit wordt vaak gebruik gemaakt van plantensoorten, omdat de plantensoorten vaak het habitatype bepalen: hoogveen wordt bijvoorbeeld gedefinieerd door de aanwezigheid van veenmos. Indicatorsoorten hoeven echter geen plantensoorten te zijn: voor het functioneren van ecosystemen worden bijvoorbeeld ook juist vlinders of vogels gebruikt als indicatorsoorten, omdat ze hoger in de voedselketen staan en afhankelijk kunnen zijn van meerdere plant- en diersoorten voor hun voortbestaan. Als deze indicatorsoorten aanwezig zijn betekent dit dus dat die andere soorten ook aanwezig zijn. Een voorbeeld is het gentiaanblauwtje, een vlinder die voorkomt op vochtige heide. Deze vlinders leggen eitjes op de klokjesgentiaan, een zeldzame plant. De rupsen moeten meegenomen worden door steekmieren, die de rupsen opvoeden tot ze verpoppen tot vlinder. Aanwezigheid van het gentiaanblauwtje laat dus zien dat er genoeg nectar voor de vlinder is, maar ook dat er de juiste groeiomstandigheden zijn voor de klokjesgentiaan, en een gunstig microklimaat voor de steekmieren (Ecopedia, z.d.).

### *Kritische depositiewaardes (KDW)*

Een cruciale vraag is: wanneer is er *te veel* stikstof in een natuurgebied? Deze grens wordt aangeduid met de term **kritische depositiewaarde (KDW)**, die gedefinieerd is als: *de grens waarboven het risico bestaat dat de kwaliteit van het habitat significant wordt aangetast als gevolg van de verzurende en/of vermestende invloed van atmosferische stikstofdepositie* (Dobben, 2012). Deze wet nagrens wordt bepaald per habitatype aan de hand van experimenten, metingen in het veld, modellen, en een deskundigenoordeel (Dobben, 2012). De kritische depositiewaardes worden voortdurend geëvalueerd en verder onderzocht, waardoor ze recent nog verlaagd zijn, omdat de effecten van stikstof groter bleken dan gedacht. De gemiddelde KDW in Nederland is nu vastgesteld op 17.7 kg N per hectare per jaar (Wamelink, 2023). Dit varieert sterk per natuurgebied: zo zijn er habitatypes die niet gevoelig zijn voor stikstofdepositie, met een KDW van 34 kg N/ha/j of hoger – terwijl bijvoorbeeld vochtige heidegebieden en actieve hoogvenen een KDW van 7 kg N/ha/j hebben (Wamelink, 2023). Deze KDW's worden gebruikt als wetenschappelijke basis voor wetgeving over stikstofdepositie. Over het algemeen worden de KDW's in Nederland grootschalig overschreden: in 2021 was in slechts 30% van de natuurgebieden de stikstofdepositie lager dan de KDW (CBS, 2023).

### *Grootte van het effect*

Hoe groot is de invloed van stikstofdepositie op biodiversiteit? Dat is moeilijk vast te stellen. We weten wel dat de totale afname van biodiversiteit wereldwijd en in Nederland groot is. Er wordt geschat dat in totaal ongeveer 30% van alle soorten wereldwijd zijn bedreigd of uitgestorven sinds 1500 (Isbell et al., 2023). In Nederland is het biodiversiteitsverlies historisch ruim groter dan in Europa en de rest van de wereld, voor een groot deel omdat vrijwel al onze natuur vervangen is door landbouw of bebouwing (CBS, 2016). Natuurlijk komt deze afname niet alleen door stikstofdepositie. Zo speelt bijvoorbeeld ook klimaatverandering en verdroging een grote rol. Daarnaast heeft de mens direct invloed op biodiversiteit door het verwijderen of aanplanten van bepaalde soorten. Het is hierdoor onmogelijk om specifiek te zeggen hoe groot de invloed is van stikstofdepositie. Toch wordt geschat dat stikstofdepositie de derde grootste bijdrager is aan verlies van *bovengrondse* biodiversiteit wereldwijd, na landgebruik en klimaatverandering (Payne et al., 2017). Het is dus algemeen geaccepteerd in de wetenschap dat stikstofdepositie een belangrijke bijdrage kan leveren aan het verlies van biodiversiteit, zelfs al staat niet vast hoe groot precies (bijvoorbeeld Lamarque, 2013; Maskell, 2010; Payne, 2013). Dit is ook vastgesteld voor gevoelige natuurgebieden in Nederland (Bobbink, 2022).

### *Welke gebieden zijn het meest aangetast?*

De mate van aantasting van natuur verschilt sterk per natuurgebied. Dit hangt deels af van de locatie van het natuurgebied: hoe dicht bij bronnen van stikstofdepositie, hoe groter het risico op aantasting. Daarnaast speelt het natuurtype een rol. Gebieden die het meest worden aangetast door de effecten van stikstofdepositie zijn voedselarme natuurgebieden, waar normaal gesproken weinig stikstof in de bodem zit. Voorbeelden hiervan zijn duinen, laagveen, stuifzanden, schrale graslanden en oude eikenbossen. In het volgende Hoofdstuk "Toekomstperspectief" zullen we

verder ingaan op de effecten van stikstofdepositie in deze gebieden, gevolgd door herstel mogelijkheden voor deze gebieden.

#### 4.1.5 Toekomstperspectief

##### **Kernboodschap voor de module:**

Kwetsbare natuurgebieden worden hersteld door verschillende strategieën. Deze zijn gebiedsafhankelijk en worden bepaald en uitgevoerd door verschillende natuur- en overheidsinstanties. Alle gebieden hebben baat bij een verlaging van de stikstofdepositie. Een gebied-specifieke combinatie van maatregelen als stikstof verwijderen, aanvoer verminderen, de verzuring neutraliseren en de bufferende werking van water herstellen, heeft tot nu toe de beste resultaten behaald.

##### *Wanneer is er teveel stikstof in natuurgebieden?*

In Hoofdstuk "Bronnen van stikstof" is beschreven hoe stikstof allemaal wordt uitgestoten. De veehouderij speelt hierin een grote rol. Deze stikstof komt via verschillende manieren in de natuur terecht (Hoofdstuk "Stikstofkringloop"). Een aantal van de natuurgebieden in Nederland vallen onder de **Wet Natuurbescherming** als **Natura 2000-gebied** en worden actief beschermd. Deze gebieden zijn onderdeel van een Europees netwerk. Het doel van dit netwerk is de biodiversiteit te behouden door bedreigde plant- en diersoorten te beschermen (Natura2000, z.d.). Ze worden nauwlettend gemonitord, de (indicator)soorten worden in kaart gebracht en in bodem en water wordt het stikstofgehalte gemeten (Natura2000, z.d., BIJ12, 2021). Als hieruit blijkt dat de KDW's worden overschreden en de natuur lijdt onder de stikstofdepositie worden er een passend actieplan voor herstel opgezet.

##### *Hoe wordt een overschot hersteld?*

Als een natuurgebied hersteld moet worden, zijn er een aantal oplossingen. De combinatie van het soort natuurgebied en de ernst van het overschot zijn bepalend voor het effect en wat er gedaan moet worden (Roelofs et al., 1996; Berendse et al., 2021.; Wamelink et al., 2009). Zo kan er in een gebied zowel vermessing als verzuring zijn (Hoofdstuk "Effect stikstof op biodiversiteit"), die beide een andere aanpak vragen.

Uiteraard is stap één minder stikstof uitstoten. Echter, er is ook in het verleden al veel stikstof in de kringloop terecht gekomen (CBS, 2021). Om dat te herstellen zijn er grofweg twee typen maatregelen.

De eerste is de hoeveelheid stikstof die al in de kringloop zit, verwijderen. Dit kan stapsgewijs op plant- en waterniveau, door bijvoorbeeld te (laten) **begrazen**, maaien en maaisel afvoeren of de **waterhuishouding** te verbeteren met bijvoorbeeld natuurvriendelijke oevers, te zien in Figuur 12 (Rijksoverheid, z.d., Natuurkennis, z.d.). Of rigouzeuzer op bodemniveau. De bovenste laag van de bodem kan veel stikstof bevatten. Door de bovenste laag te verwijderen, alleen de bovenste **strooisel laag** of ook de **humusrijke toplaag** daar net onder, kan er een deel van de stikstof die 'vast' zit, verwijderd worden. Ook wel bekend als **plaggen**, zoals uitgevoerd is op de heide in Figuur 10 (Boxman & Roelofs, 2006). Ook in het water wordt dit toegepast, in de vorm van **baggeren**.

De tweede oplossing, is de huidige hoeveelheid stikstof **neutraliseren**. Stikstof werkt verzurend in de bodem, doordat het mineralen als kalium, magnesium en calcium verdringt (Hoofdstuk "Effect stikstof op biodiversiteit"). Dit heeft een negatief effect op de groei en voedingswaarde van planten, wat doorwerkt in de rest van de voedselketen. Om deze verzuring te neutraliseren, wordt er een basische stof toegevoegd. Een simpele methode is steenmeel, vermalen natuursteen, wat de verdrongen mineralen bevat en neutraliseert (Dorland et al., 2005, Weijters, 2018). Dit kan handmatig (zie Figuur 11) of machinaal worden toegevend. Ook wordt er vaak kalk toegevoegd. Dit maakt de bodem weliswaar minder zuur, maar kan **organische stoffen** afbreken (Weijters et al., 2023). Dit laat ook meteen de keerzijde van deze oplossing zien. Door de afbraak van organische stoffen komt er ineens veel voeding voor planten beschikbaar, waardoor de soorten die daar goed van groeien snel de overhand nemen (Berendse, 1990). Dit kan leiden tot **verruiging** (meer struikgewas) in natuurgebieden met bodems met veel organische stof, zoals een bos (Van Dobben, 2010; Bobbink et al., 2018)





*Figuur 10. Afplaggen vergraste heide. Verein Naturschutzpark.  
Bron: <https://www.verein-naturschutzpark.de/heidepflege-methoden/>*



*Figuur 11. Steenmeel strooien in bos op de Hoge Veluwe. Nationaal Park de Hoge Veluwe.  
Bron: <https://www.hogeveluwe.nl/nl/steenmeel/steenmeel-symposium-hoge-veluwe>*



*Figuur 12. Natuurvriendelijke oevers aanleggen. Links flauwe bocht met verschraling. Rechts drassige oever. FLORON Eindrapport Natuurvriendelijke oevers.  
Bron: Verhofstad et al., 2021*

Hoewel deze maatregelen relatief eenvoudig klinken, is er niet één oplossing. Het natuurgebied moet goed in kaart gebracht worden, met analyse van watertoevoer, bodemkwaliteit en huidige plant- en diersoorten. Een combinatie van maatregelen geeft vaak het beste resultaat (Dorland et al., 2004; Bakker, 1989; Beltman et al., 2001). Herstelmaatregelen geven geen garantie voor het terugbrengen naar de originele staat. Het blijft dweilen met de kraan open in sommige kwetsbare gebieden. Als een gebied echt intensief hersteld is, duurt het nog 10 jaar tot het ecosysteem stabiel is, zoals te zien is bij **kalkgraslanden** (mondelinge communicatie Philippine Vergeer, details zie Appendix A.1).

### *Waarom herstellen?*

Biodiversiteit is belangrijk en verdwijnt (zie Hoofdstuk 'Effect van stikstofdepositie op biodiversiteit'). Kwetsbare natuur verdwijnt en wordt gedomineerd door enkele soorten. Om dit tegen te gaan, is er een **veerkrachtige natuur** nodig die ook klimaatbestendig is (Bobbink, 2021 & Rijksoverheid, z.d.). In klimaatvoorspellingen zien we meer droogte en toenemend wateroverlast. Met de verandering die nu al merkbaar is, een lange(re) droge periode in de zomer gecombineerd met veel regenval in een korte periode in de herfst, zien we kwetsbare natuur die onder grotere druk komt te staan (Klimaatadaptatie Nederland, z.d., Jansen et al., 2020). Door stikstofdepositie worden de omstandigheden nog ongunstiger voor stikstof-gevoelige planten (Zavaleta et al., 2003). Deze worden (deels) weggeconcurrerd, waardoor de natuur veerkracht verliest (Oliver et al., 2015). De flinke regenval zorgt ervoor dat niet al het water door de bodem kan worden opgenomen, met als gevolg uitspoeling van stikstof in de bodem (Hoofdstuk "Stikstofkringloop").

### *Heeft herstellen blijvend effect?*

Herstellen heeft een blijvend (positief) effect, mits de aanvoer verminderd wordt tot onder de KDW (Boxman & Roelofs, 2006). De bronnen moeten goed in kaart gebracht worden en blijvend verminderd/verwijderd worden. Na het herstellen, worden de gebieden gemonitord en waar nodig met aanvullende maatregelen bijgestuurd (Bij12, z.d.). De herstelbaarheid is erg afhankelijk van het doel en de soort natuur, aldus Philippine Vergeer (Onderzoeker van Wageningen University & Research). "Het is voor veel ecosystemen mogelijk om naar een **vitaal systeem** te gaan, maar misschien niet meer terug naar hoe het ooit is geweest." Kalkgraslanden zijn goed te herstellen tot de originele staat, maar ook daar duurt het een tijd tot alle soorten, van planten en insecten tot bodemleven weer veelvuldig aanwezig zijn. Andere systemen zijn erg lastig te herstellen, bij hoogveen kan je bijvoorbeeld wel de soorten terugbrengen, maar is het grondwater te laag om het gebied te voorzien van voedingsarm en **basisch** water. Dan is het een keuze tussen voedingsrijk beek- en rivierwater of verdroging. Een voorbeeld van een succesvol hersteld natuurgebied, is het Korenburgerveen, ten westen van Winterswijk. Dit moerasgebied met zeldzaam **hoogveen**, ligt te midden van een aantal landbouwbedrijven. Hoogveen heeft een langzame voedselarme watertoevoer en constant hoogstaand grondwater nodig (Natuurkennis, z.d.). Het tegenovergestelde was aan de orde, waardoor het veen verdroogde en steeds verder overgroeid raakte door bos. De waterhuishouding moest flink worden aangepakt, in combinatie met verwijderen van aanwezige stikstof door plaggen. De boeren rondom mochten geen nadeel ondervinden van deze maatregelen, dus is er een bufferzone aangelegd. Hiermee wordt voorkomen dat het water te snel wegstroomt, zodat de boeren toch hun land op kunnen als dat nodig is. Deze herstelwerkzaamheden zijn uitgevoerd in 2005. In 2016 is er een plan met

aanvullende maatregelen opgesteld, bijvoorbeeld een overeenkomst met een boer in de omgeving om het water niet meer kunstmatig te verlagen en **dempen** van een aantal aangrenzende sloten (Ontwerp beheerplan, Provincie Gelderland, 2022).

### *Hoe wordt herstel bepaald en geregeld?*

In Europa zijn een aantal afspraken voor natuurbescherming en -herstel gemaakt. Een van die afspraken zijn de Natura 2000- gebieden zoals beschreven in het begin van dit hoofdstuk. Dit ligt vast in de Wet Natuurbescherming, die de overheid verplicht biodiversiteit te behouden en versterken. Dit is concreet gemaakt in het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). Hiermee kan per gebied in Nederland gekeken worden naar een passende aanpak voor schone lucht, gezonde natuur en water (NPLG, z.d.).

Er zijn een aantal grote doelen landelijk opgesteld, zoals minimaal 80.000 ha aan nieuwe natuur in 2027. Provincies bepalen zelf hoe deze doelen gerealiseerd gaan worden. Dit wordt regionaal uitgevoerd door instanties als Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Landschapsbeheer stichtingen als Gelders Landschap en Landschap Overijssel (Rijksoverheid, z.d.).

### *Welke maatregelen passen bij welk natuurgebied?*

In welke mate de natuur zich herstelt en welke plant- en diersoorten beschermd moeten worden, verschilt per gebied. Momenteel zijn er in Nederland een aantal zeer gevoelige typen natuur met ernstige overschrijding van de KDW's. Per type wordt het effect van stikstofdepositie beschreven en de herstel strategieën zoals die worden geadviseerd of al toegepast (Bobbink, 2021; Bobbink et al., 2022; Natuurkennis, z.d.; Provincie Gelderland, 2022, Aggenbach et al., 2013, de Leeuw et al., 2019).

#### Duinen

##### *Effect*

In de open duinen, domineert gras, terwijl korstmossen en kruiden verdwijnen. In de duinbossen wordt de **ondergroei** gedomineerd door stikstof-minnende planten, als brandnetel, braam en brede stekelvaren. Ophoping van stikstof en versnelde bodemverzuring.

##### *Herstelstrategieën*

Opgehoopte stikstof wordt verwijderd door plaggen, maaien of begrazen. Niet alle soorten komen hiermee terug, dus zijn er ook proeven met het opnieuw verstuiven van zand. De bodem wordt kalkrijker en oorspronkelijke planten kunnen weer terugkomen.

#### Laagveen

##### *Effect*

De **successie** versnelt, de planten die zich later vestigen doen dat nu veel eerder. Het landschap verruigt. De zuurgraad van het veen neemt toe en de bufferende werking neemt sterk af.

##### *Herstel strategieën*

Om te voorkomen dat laagveen overgaat naar bos, moet er worden gemaaid. Omdat laagveen vaak een instabiele bodem van plantenmateriaal heeft, kan dit afwisselend machinaal of handmatig gedaan worden. Ook wordt vaak de verzuurde bovenlaag geplagd. Daarnaast moet de bufferende werking hersteld worden, door aanvoer van water met neutraliserende stoffen als calcium en bicarbonaat. Dit kan zowel door het grondwater als het oppervlaktewater aangevoerd worden, afhankelijk van het gebied.

## Vennen

### *Effect*

De vennen bestaan uit waterplanten in zwak gebufferd water. Door stikstofdepositie ontstaat verzuring van het water, waardoor de bufferende capaciteit van het water sterk afneemt. Ook neemt de hoeveelheid beschikbare aluminium toe, wat giftig is voor de karakteristieke waterplanten. De planten Knolrus (zie Figuur 13) en Waterveenmos krijgen de overhand in de vennen.

### *Herstel strategieën*

Het grondwaterpeil en de bufferende werking van het water zijn van groot belang. Het verwijderen van de **sliblaag** kan helpen om het stikstofoverschot weg te nemen. Soms speelt de sliblaag een rol in het bufferen van het water, dus dit moet eerst van tevoren bepaald worden. Daarnaast speelt de oever een belangrijke rol in deze gebieden. Om de dichte begroeiing en stikstofdepositie te verwijderen, kunnen deze geplagd worden.



Figuur 13. Knolrus

Bron: <https://wilde-planten.nl/knolrus.htm>

## Hoogveen

### *Effect*

De karakteristieke hoogvenen, die herkenbaar zijn aan de **bulten** en **slenken**, bestaan vooral uit veenmossen. Bij stikstofdepositie zijn deze in staat de eerste aanvoer op te nemen, waardoor het stikstofgehalte over het algemeen laag blijft. Als deze mossen verzadigd raken, blijft er een grotere hoeveelheid in het water, waardoor weinig voorkomende soorten als veenpluis en lavendelheide en later grassen en berken de overhand nemen.

### *Herstel strategieën*

Herstellen van de waterhuishouding is in deze gebieden erg belangrijk. Hoge grondwaterstand en zeer constant voor een lange periode, zijn effectief om hoogveen grotendeels te herstellen.

## Stuifzanden

### *Effect*

Stuifzanden bestaan uit veel **pionierssoorten** (de eerste planten die kunnen groeien op voedingsarme bodem) en open zandvlaktes. Door stikstofdepositie worden de oorspronkelijke mos soorten verdrongen door grijs kronkelsteeltje (zie Figuur 14). De omstandigheden worden gunstiger voor algen en plantensoorten die er normaal gesproken veel langer over doen om zich te vestigen, zoals grassen en bomen.



Figuur 14. Grijze kronkelsteeltje

Bron: KU Leuven

<https://kulak.kuleuven.be/bioweb/>

### *Herstel strategieën*

Jong bos kappen om het zand weer vrij te maken. De kenmerkende korstmossen komen weer terug als jonge bomen worden gekapt en amper of kleinschalig geplagd wordt.

## Schrale graslanden

### *Effect*

Schrale graslanden bevinden zich op zandgronden en zijn van nature rijk aan grassen, maar ook struiken en kruiden. De bodem heeft van nature een sterke bufferende werking, maar door stikstofdepositie vermist en verzuurt de bodem. Als de bodem ook maar deels verzuurd raakt, neemt de hoeveelheid (voor de plant) giftige aluminium toe. Ook neemt de stikstof in de bodem dusdanig toe, dat dit giftig is voor de plantensoorten. Schrale grasland soorten zijn erg gevoelig voor deze veranderingen en verdwijnen.

### *Herstel strategieën*

Er zijn twee typen, nat en droog grasland. In nat grasland is herstel mogelijk door het grondwater op peil te houden, met name in de lente. Grondwater kan de verzuring bufferen. In droog grasland is herstel zeer lastig gebleken. Het doelgericht kleinschalig weghalen van stikstofrijke bodem



rondom beschermde en belangrijke plantensoorten gecombineerd met kalk toevoegen, lijkt een positief effect te hebben. Dit is lastig op te schalen en niet haalbaar als de stikstofdepositie niet afneemt.

### Eikenbossen (oud)

#### *Effect*

90% van deze eikenbossen bevinden zich op de Veluwe. Veel van de zomereiken sterven af onder invloed van de verhoogde stikstofdepositie. De bossen verliezen hun vitaliteit en afweer tegen ziektes. Het stikstofgehalte in de bladeren wordt aanzienlijk hoger, wat ze aantrekkelijker en makkelijker te verteren maakt voor plagen. De belangrijke voedingsstoffen spoelen uit, mineralen worden onbruikbaar, belangrijke bodembacteriën (ectomycorrhiza) verdwijnen en wortels worden aangetast door het aluminium dat vrijkomt. In de bossen is dan veel **vergrassing** te zien.

#### *Herstel strategieën*

Dit type herstelt langzaam en amper na vermindering van stikstofdepositie. De bomen zorgen voor fysieke beperking tot plaggen of **chopperen** (tussenvorm van plaggen en maaien). Proeven met steenmeel met **zeoliet** (bindt stikstof) zijn voorzichtig positief. Boscosecosystemen zijn complex, dus is de effectiviteit van maatregelen lastig te voorspellen.

Een gedetailleerde beschrijving en tabel zijn uitgewerkt in het rapport "Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats", in Hoofdstuk 3 Herstelstrategieën (Jansen et al., 2014).

## 4.2 Didactisch perspectief

### **Kernboodschap voor de module:**

Wij hebben een selectie gemaakt uit verschillende didactische en pedagogische methodieken die voor ons de kern weergeven van hoe natuuronderwijs vormgegeven zou moeten worden.

In natuuronderwijs gaat het niet alleen om kennisoverdracht. Je leert zowel met je hoofd, als met je hart en je handen, waardoor meerdere vormen van intelligentie aangesproken worden (zie 4.2.3. meervoudige intelligentie theorie). Het gaat dus veel meer om verbanden leggen, bewustzijn ontwikkelen en reflecteren op jezelf en in gesprek gaan met anderen, dan in regulier onderwijs. Om deze vaardigheden te ontwikkelen moeten deelnemers samen actief kennis construeren (zie 4.2.3 sociaal constructivisme), begeleid door een docent. Met het opstellen van leerdoelen moet rekening gehouden worden met het ontwikkelen van die vaardigheden door je te richten op de hogere ordes van Bloom (zie 4.2.2 taxonomie van Bloom).

Aan de hand van leerdoelen (zie 7.2 visie en leerdoelen) en de beginsituatie (zie 4.2.1 module opzet) wordt een besluit genomen over welke leerstof en didactische werkvormen in de module opgenomen worden. Bij het ontwikkelen van werkvormen moet rekening gehouden worden met de volgende dingen: activeer relevante voorkennis, gebruik voorbeelden, combineer woord en beeld, gebruik interactieve werkvormen en spreid leerstof door de tijd.

Dit hoofdstuk is een verzameling van didactische en pedagogische principes die wij (NatuurWijzer) geselecteerd hebben en belangrijk vinden voor het geven van een module over stikstof. Om te beginnen wordt er ingegaan op hoe je een module kunt opzetten: welke kennis moet je hebben (theoretisch, maar ook kennis over de doelgroep)? En waar moet je vooraf goed over na denken? In het volgende deelhoofdstuk wordt er ingegaan op didactiek in regulier onderwijs. Een module voor volwassenen in en over de natuur is natuurlijk anders dan middelbare school onderwijs, maar een aantal principes uit het reguliere onderwijs kunnen weldegelijk gebruikt worden voor het vormgeven van deze module. Tenslotte is er een deelhoofdstuk waarin principes besproken worden die specifiek over natuureducatie gaan. Samen vormen deze principes de basis van onze visie en leerdoelen (Hoofdstuk 7.2).

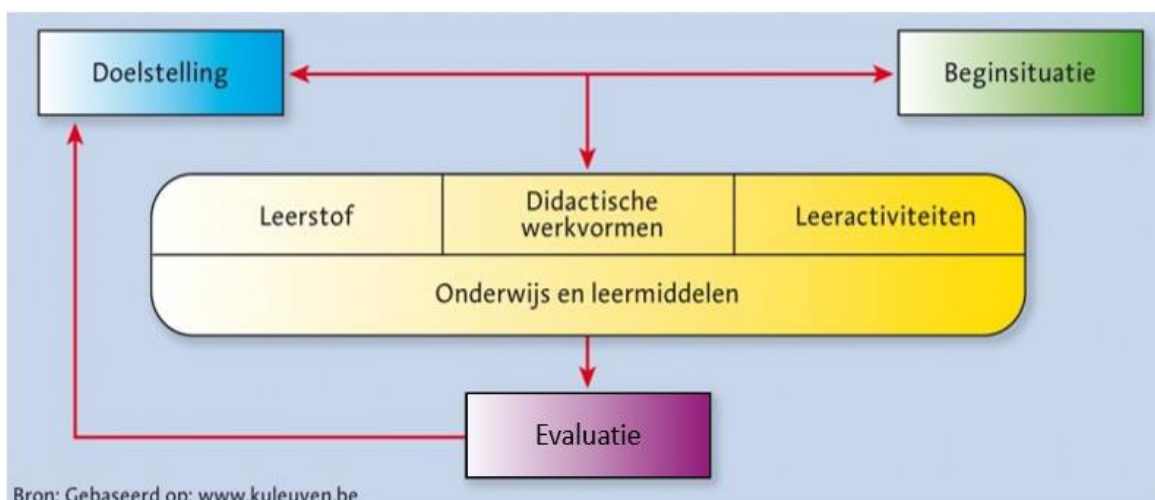
### 4.2.1 Module opzet: algemene didactiek

Het doel van dit project is om een opzet te maken voor een interactieve module over stikstof. Laten we beginnen bij het begin om deze module te ontwikkelen.

Onderwijs geven kan op tal van manieren. In de geschiedenis hebben er al veel wetenschappers nagedacht over wat de meest effectieve manier van lesgeven is. Hierin is didactiek een terugkerend begrip. Didactiek "is de wetenschap van het geven van onderwijs" (Encyclo.nl, 2023). De didactiek houdt zich dus bezig met hoe vaardigheden en kennis effectief onderwezen kunnen worden. Er zijn tal van didactische modellen beschikbaar. Een voorbeeld van zo'n model is het Model van Didactische Analyse van Van Gelder. Dit model wordt weergegeven in Figuur 15. Het was Van Gelder's doel om onderwijs volgens een vaste technische analyse vorm te geven. Het model bestaat uit 4 stappen (Andre, 2022) die we gebruikt hebben als leidraad voor ons verslag:

- 1) Doelstelling: wat wil ik bereiken? (leerdoelen: Hoofdstuk 7.2)
- 2) Beginsituatie: waar moet ik beginnen?
  - a. Ofwel: wat is de voorkennis van de doelgroep? En wat willen ze leren? (deelnemerinterviews: Hoofdstuk 5)
- 3) Onderwijssituatie: hoe kan het onderwijs gegeven worden? Dit omvat de 4 onderdelen in het volledige gele vlak.
  - a. Dit omvat: leerstof (ons theoretisch kader: Hoofdstuk 4.1 t/m 4.5), didactische werkvormen, leeractiviteiten en leermiddelen (long-list met activiteiten: Appendix B.1.)
- 4) Evaluatie: is mijn doel bereikt?

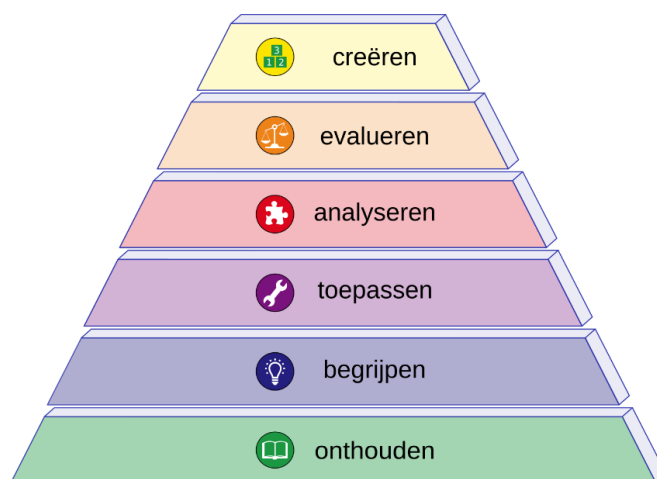
Tijdens het opzetten van onze module gebruiken we dit model als inspiratie. Meerdere onderdelen van ons adviesrapport zijn dan ook te koppelen aan dit model van Van Gelder (zie de onderdelen die tussen haakjes genoteerd zijn).



Figuur 15. Model van Didactische Analyse van Van Gelder  
Bron: Aangepast van KULeuven

#### 4.2.2 Didactiek in regulier onderwijs

Voordat een complete module ontwikkeld kan worden, moeten we ons afvragen wat we willen dat deelnemers uit de module halen. Dit zijn de algemene leerdoelen voor de gehele module. Leerdoelen zijn op verschillende niveau's van leren in te delen (zie Figuur 16). Een voorbeeld van deze complexiteitsniveau's is de taxonomie van Bloom (Krathwohl, 2002). Onderaan de piramide bevindt zich onthouden en begrijpen. Dit zijn de twee minst complexe doelen en zijn dan ook relatief eenvoudig te behalen. Na onthouden en begrijpen komen: toepassen, analyseren, evalueren en creëren. Het is een piramide, omdat je voor het analyseren van een onderwerp eerst het onthouden, begrijpen en toepassen moet beheersen. Hoe hoger het niveau van Bloom, hoe complexer het leren is.



Figuur 16. Taxonomie van Bloom. Bron: UU: docentenportaal farmaceutische wetenschappen.

In het reguliere onderwijs wordt er hoofdzakelijk gefocust op de onderste twee niveau's van Bloom. Daarentegen is het in de natuureducatie belangrijk dat niet alleen de onderste relatief makkelijke niveaus behaald worden, maar ook aandacht uit gaat naar analyseren, evalueren en creëren. Dit komt doordat het over complexe vraagstukken gaat waarbij het belangrijk is om verbanden te leren leggen. De meest recente kennis verandert voortdurend, waardoor het essentieel is om zowel op ontwikkeling van kennis als inzicht te focussen (Meijer, 1995). Daar kunnen deelnemers dan zelf conclusies uit leren trekken. De leerdoelen van de module zullen dus verdeeld zijn over de verschillende niveau's van Bloom (zie Hoofdstuk 7.2).

Verder vraagt de opdrachtgever van dit project specifiek om een interactieve leermodule, dus een module waarbij veel actieve werkvormen gebruikt worden. Dit is interessant, want uit onderzoek blijkt inderdaad dat (inter)actieve werkvormen het leren bevorderen (Bertsch et al., 2007). Naast actieve werkvormen zijn er nog veel meer manieren die voor effectieve didactiek kunnen zorgen. Surma et al. (2019) heeft in het boek *Wijze lessen: 12 bouwstenen voor effectieve didactiek*, 12 instructieprincipes opgesteld die de vergaring van kennis bevorderen. Een aantal van deze bouwstenen kunnen ook goed toegepast worden in het vormgeven van deze module (zie Figuur 17). Hieronder worden de bouwstenen uitgelegd die we als waardevol beschouwen om in de leermodule te verwerken. De weggelaten bouwstenen zijn gericht op regulier onderwijs met summatieve toetsing, grote klassen, ontwikkeling van executieve functies en veel verschillende vakken. Dit maakt ze minder relevant voor een module gericht op natuuronderwijs voor een kleine groep met volwassenen.



Figuur 17. Samenvatting van 12 instructieprincipes uit het boek *Wijze lessen: 12 bouwstenen voor effectieve didactiek* (Surma et al., 2019)

1) Activeer relevante voorkennis: wat de doelgroep al weet, is bepalend voor hoe snel mensen leren. Hoe meer iemand al over een onderwerp weet, hoe meer 'haakjes' diegene heeft om nieuwe kennis aan op te hangen. Soms denkt iemand niets over een onderwerp te weten, maar als diegene er goed over nadenkt kan diegene erachter komen stiekem al wat kennis/ervaring te hebben. Dit is zeer nuttig, want nieuwe kennis wordt beter onthouden als je de informatie aan voorkennis kunt koppelen (Kole & Healy, 2007). Dit kan om feitjes gaan, maar ook kennis die aan ervaringen gekoppeld kan worden, wordt beter onthouden. Als docent is het ook zeer nuttig om voorkennis van deelnemers te activeren, dan weet je wat het instapniveau is waarop je het best kunt aansluiten. Daarnaast kun je op dit moment ook ontdekken of er binnen de deelnemersgroep alternatieve concepties bestaan over het onderwerp (in ons geval stikstof). Het is namelijk belangrijk je als docent bewust te zijn van alternatieve concepties van deelnemers (Vosniadou, 1994), want dan kun je hierop aansluiten of waar nodig ze te proberen te verwerpen.

3) Gebruik voorbeelden. Door een concreet voorbeeld te geven van een begrip, krijgen mensen er ook daadwerkelijk een beeld bij en blijft er meer **werkgeheugencapaciteit** (*dit is te vergelijken met het RAM geheugen van een telefoon*) over voor een diepgaander begrip (Surma et al., 2019). Dit kan door bijvoorbeeld een plant met wortelknolletjes te laten zien op het moment dat je het begrip stikstoffixatie uitlegt (zie 4.1.2).

4) Combineer woord en beeld om informatie zo begrijpelijk mogelijk te maken. Verbale en visuele informatie wordt in de hersenen via twee aparte, maar gelijktijdig lopende processen verwerkt. De processen versterken elkaar als ze tegelijk geprikkeld worden. Hierdoor wordt informatie beter opgeslagen in het langetermijngeheugen als auditieve en visuele informatie gecombineerd worden tijdens een uitleg (Paivio, 1978).

5) Laat leerstof actief verwerken: Daniel Willingham zei in 2009 "Wat blijft kleven, is waar men het meest over heeft nagedacht". Daarom is het belangrijk dat leerlingen en dus ook de deelnemers van de stikstof module zelf aan de slag gaan met opdrachten. Ze moeten ruiken, voelen, zien en

overleggen om zelf tot conclusies te komen en verbanden te gaan zien. Dit laat ook zien waarom het 'interactieve' gedeelte van de module zo belangrijk is. Mensen onthouden informatie beter als ze er zelf actief mee aan de slag gaan, dan wanneer ze het alleen lezen of horen (Bertsch et al., 2007). Hierbij hoort ook dat je mensen zelf laat verklaren waarom iets zo is: bijvoorbeeld deelnemers laten uitleggen waarom sommige planten weggeconcentreerd worden bij een stikstof overschot.

8) Spreid oefening met leerstof in de tijd om ervoor te zorgen dat het geïntegreerd wordt in het langetermijngeheugen. Het is effectiever om meerdere dagen korte tijd woordjes te leren, dan om op een dag gedurende dezelfde tijd achter elkaar door te leren (Surma et al., 2019). Er zijn hier twee mogelijke verklaringen voor in de wetenschap. Ten eerste is informatie beter bestand tegen vergeten als je het zelfstandig een aantal keer uit je langetermijngeheugen gehaald hebt (Tzeng & Cotton, 1980). Ten tweede is informatie beter uit je langetermijngeheugen te halen als je het in meerdere verschillende omstandigheden aangeleerd gekregen hebt (Young & Bellezza, 1982). Beide verklaringen worden ondersteund door het spreiden van oefening in de tijd. Ook hierbij is herhaling dus de sleutel voor effectief leren. Het hoeft dus niet per se vaker herhaald te worden, maar vooral met tijd ertussen zodat het uit je langetermijngeheugen gehaald moet worden. Op verschillende moduledagen moet belangrijke theorie dus terugkeren om ervoor te zorgen dat het beter onthouden wordt. Bij voorkeur door deelnemers zelf deze kennis op te laten halen uit hun geheugen.

### 4.2.3 Didactiek en pedagogiek natuureducatie

De voorgaande alinea's gaan hoofdzakelijk over onderwijsstrategieën die toegepast worden wanneer kennis overgedragen moet worden. Dit is echter niet het hoofddoel van natuureducatie. Natuur- en milieueducatie gaat voornamelijk om zelf leren denken, verantwoord leren oordelen en leren verantwoord te handelen, met als einddoel stimulering van de ontwikkeling van betrokkenheid en persoonlijke verantwoordelijkheid (Meijer, 1995) (Alblas, 1995). In de volgende secties gaan we in op verschillende belangrijke theorieën die een rol spelen bij natuureducatie. Deze theorieën zullen een belangrijke rol spelen in het verder ontwikkelen van onze visie, van waaruit de leerdoelen zullen worden ontwikkeld. Deze leerdoelen vormen de basis voor de leermodule.

#### *Hoofd, hart, handen*

Een veel gebruikte pedagogische theorie binnen het onderwijs is die van de Zwitserse pedagoog Pestalozzi: hoofd, hart, handen (Van Werkhoven, 2018). Deze theorie benadrukt dat het belangrijk is op een **holistische** (= *kijkend naar het geheel*) manier naar een persoon te kijken in het onderwijs, hieruit zijn drie leerdomeinen ontwikkeld: hoofd, hart en handen.

Het hoofd is het **cognitieve leerdomein**. Kennis, rationaliteit, begrijpen, en beredeneren zijn belangrijke onderdelen van dit domein. Het gaat er dus om welke kennis aanwezig is. Dit domein is vaak dominant aanwezig in het onderwijs.

Verder is het ook erg belangrijk om het hart aan te spreken, hiermee wordt de beleving, waarden en gevoelens van de persoon bedoeld (Thijssen, 2020). Het gaat erom om betrokkenheid te creëren in het leerproces en hierdoor het gevoel aan te spreken. Emoties spelen een belangrijke rol bij het leren en activeren een deel van het centrale brein. Als dit deel meer is geactiveerd, begrijpen we beter wat we hebben geleerd, tenzij er teveel stress bij komt kijken. Ook herinneren we beter wat we hebben geleerd en geloven we er in wat we hebben geleerd.

Het actief verwerken van deze kennis door de handen, is het praktische leerdomein. Dit domein zorgt voor de koppeling tussen hoofd en lichaam. Het **cerebellum**, het onderdeel van het brein dat bewegingen verwerkt, is ook het onderdeel dat leren verwerkt. Dit laat zien dat er een verband zit tussen leren en bewegen (Gazibara, 2013) en dat het dus belangrijk is om naast theoretisch ook ervaren te leren.

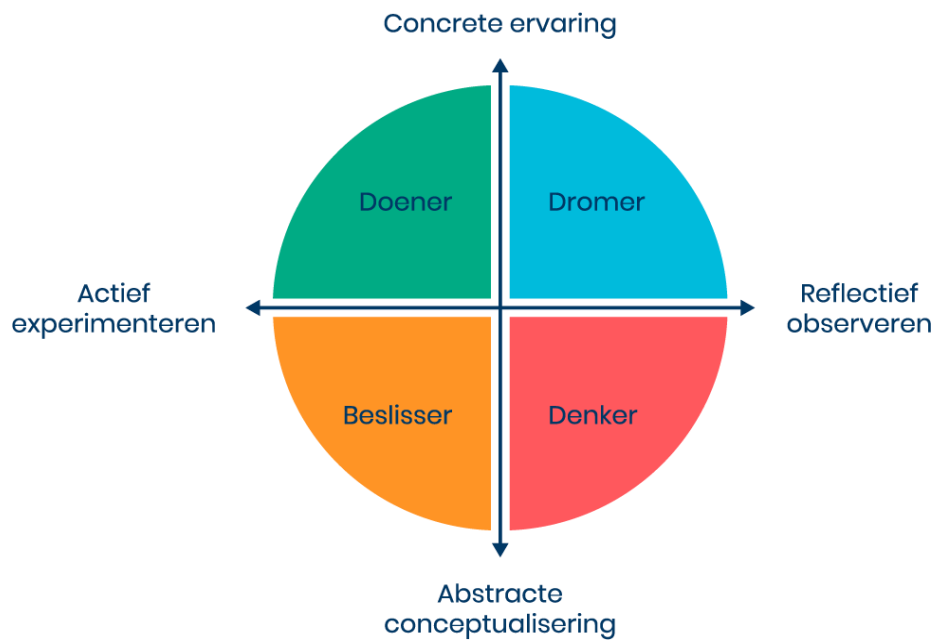
#### *Meervoudige intelligentie theorie*

Lang werd gedacht dat er één vorm van intelligentie is, Howard Gardner heeft een theorie ontwikkeld die uitgaat van acht verschillende vormen van intelligentie. Deze intelligentie vormen zijn: **interpersoonlijk**, **intrapersoonlijk**, lichamelijk-motorisch, logisch-mathematisch, muzikaal-ritmisch, natuurgericht, verbaal-linguïstisch en visueel-ruimtelijk. Al deze vormen van intelligentie zijn bij iedereen aanwezig, maar in verschillende mate. Omdat mensen verschillende vormen van intelligentie sterk hebben ontwikkeld, is het ook belangrijk om verschillende vormen van intelligentie aan te spreken in het onderwijs. Dus door ook de andere leerdomeinen (naast hoofd

ook hart en handen) in het onderwijs te betrekken worden verschillende vormen van intelligentie aangesproken en verder ontwikkeld om een dieper begrip te krijgen (Anderson, 2017).

### Leerstijlen

Er zijn verschillende manieren om leerstof verwerken. De voorkeur voor een bepaalde manier wordt omschreven als leerstijl. Er zijn twee bekende theorieën over verschillende leerstijlen. De eerste is van David Kolb (1984). Hij verdeelde leren in vier verschillende profielen met bijbehorende gedragingen, zoals te zien in Figuur 18. De profielen zijn: doener, dromer/waarnemer, (na)denker & beslisser/toepasser. De gedragingen: concrete ervaring, reflecteren/observeren, conceptualisering & experimenteren, respectievelijk, zijn voornamelijk de voorkeursmanier om leerstof te verwerken, maar sluiten andere manieren niet uit.



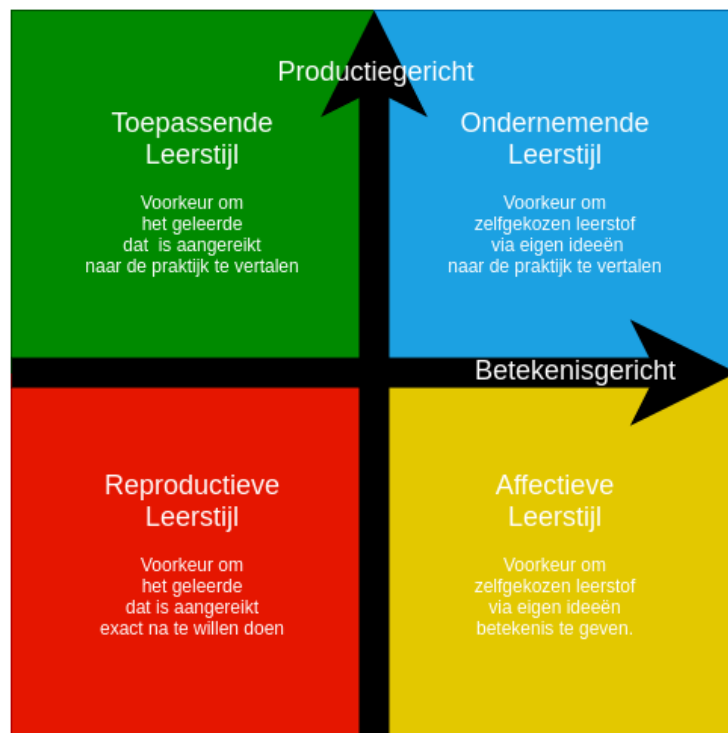
Figuur 18. Model Leerstijlen en gedragingen van David Kolb  
Bron: <https://lerenisaltijd.nl/de-organisatie/coaching-en-leerstijlen/>

De tweede theorie is van Jan Vermunt (1992) en richt zich hoofdzakelijk op hoger onderwijs en oudere leerlingen. De theorie beschrijft vier leerstijlen, die samenhangen met de opvattingen en motieven van de studenten. De stijlen zijn: betekenisgerichte, reproductieve, toepassingsgerichte of ongerichte leerstijl. Ten eerste, de betekenisgerichte leerstijl beschrijft dat studenten zelf bepalen wat belangrijk is en dat leren. Het is studeren vanuit persoonlijke interesse, het willen leggen van verbanden en verkrijgen van kennis en inzichten. Ten tweede de reproductieve leerstijl, die omvat herhalen van leerstof, uit het hoofd willen leren en willen opnemen van kennis. Studenten zijn toets- en resultaatgericht. Ten derde, de toepassingsgerichte leerstijl houdt in dat studenten willen leren wat belangrijk is in de praktijk en hun beroep. Als laatste de ongerichte leerstijl, waarin studenten leren moeilijk kunnen sturen en geen van bovenstaande leerstijlen succesvol kunnen toepassen. Ze geven aan geen duidelijke voorkeur te hebben.

Om deze leerstijlen toe te passen bij het verwerken van leerstof, is er onderscheid gemaakt tussen verschillende verwerkingsmanieren: kritisch, memoriserend en herhalend, verbanden leggen en structureren, analyseren en concreet maken.

Om deze twee theorieën te combineren en alle leerstijlen aan te spreken, heeft een docent bij voorkeur de volgende onderdelen verwerkt: onthouden, toepassen, doorgronden en bedenken (zie

Figuur 19). Voor de module over stikstof is het belangrijk om rekening te houden met de verschillende leerstijlen en dus alle vier deze onderdelen te combineren.



Figuur 19. Model combinatie leerstijlen  
Bron: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Leerstijl#cite\\_note-4](https://nl.wikipedia.org/wiki/Leerstijl#cite_note-4)

### *(Sociaal) constructivisme*

Binnen de wetenschapsfilosofie zijn er verschillende stromingen. Voorbeelden hiervan zijn het behaviorisme, cognitivisme en het constructivisme. De kernwaarden van het behaviorisme zijn 'oefening baart kunst' en conditionering. Het gaat niet om wat er in het hoofd van iemand omgaat, zolang diegene leert door aangeleerd gedrag te vertonen. Het cognitivisme behandelt het hoofd niet meer als de zogenoemde 'black-box', maar focust op wat er in de hersenen gebeurt. Hoe mensen ordenen en het langetermijnegeheugen staan centraal. Het constructivisme is de nieuwste stroming. Er wordt nu onderscheid gemaakt tussen kennis en leren. Leren wordt gezien als actieve constructie van kennis doordat leerlingen onderzoekend/projectmatig leren, kennis delen en zo samen tot een hoger niveau komen (Lucassen & Peeters, 2023). Op het moment dat de focus ligt op samen leren, wordt het constructivisme ook wel het sociaal constructivisme genoemd.

In de natuureducatie is het constructivisme een belangrijke stroming. Het gaat bij natuur- en milieuonderwijs maar voor een deel om het leren van kennis. Het is belangrijker dat het een vormend karakter heeft. Het moet dus geen conditionering zijn (behaviorisme), maar ontwikkeling van betrokkenheid en verantwoordelijkheid (Alblas & Wals, 1995). Bij het constructivisme worden wetenschappelijke observaties niet zomaar aangeleerd door instructie, maar is het belangrijk dat leerlingen er daadwerkelijk actief mee aan de slag gaan (hands on experience, bouwsteen 5). Het gaat erom dat interesse geprikkeld wordt door leerstof aan te bieden in een waardevolle context. Mensen kunnen zo een emotionele connectie vormen met het onderwerp, wat het leren verrijkt (TEDx Talks, 2019) (SLO, 2017).

Hoewel het constructivisme een veelbelovende stroming is voor het geven van natuuronderwijs, kan het niet in zijn eentje gebruikt worden (Slavin, 2018). Er moet in de module een balans zijn tussen instructie/uitleg geven en constructivistische benaderingen, want het is van belang bij constructivistische benaderingen dat er de juiste voorkennis aanwezig is. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met het feit dat iedereen in een andere omgeving is opgegroeid, waardoor iedereen andere perspectieven heeft. Mensen leren daardoor vanuit hun eigen waarheid

en kunnen tot uiteenlopende conclusies komen (Knowledge Quest, 2021). Het is waardevol om vervolgens met elkaar in gesprek te gaan om te kijken of er verschillen zijn en zo ja, waar die zitten.

### *Systeemdenken*

Het constructivisme is een theorie die naast het actief construeren van kennis, zich focust op het aanleren van systeemdenken. Bij systeemdenken heb je het vermogen om te zien dat alles op een bepaalde manier verbonden is (*Systeemdenken - uitleg begrippen onderwijs*, z.d.). Je kunt relaties in kaart brengen en daarmee begrijpen hoe onderdelen van een systeem samenwerken en elkaar beïnvloeden om dit vervolgens te kunnen voorspellen. Dit gaat bijvoorbeeld om positieve en negatieve feedback: sommige processen versterken elkaar (positieve feedback) en sommige processen remmen een ander proces (negatieve feedback) (Kennisclips Psychologie Social Work, 2020).

Daarnaast is er in een situatie vaak niet één oorzaak en één gevolg te noemen, want het is onderdeel van een netwerk waarin processen elkaar versterken. Het systeem zit te complex in elkaar om maar 1 schakel aan te wijzen als oorzaak of oplossing. Dat betekent dus dat je het geheel moet bekijken om tot een oplossing te komen (Kennisclips Psychologie Social Work, 2020). Net als alles in de wereld, zijn stikstofkringloop en biodiversiteit systemen. Bij een module over stikstofdepositie en biodiversiteit is het dus belangrijk om deelnemers het systeemdenken aan te leren zodat zij het gehele systeem kunnen begrijpen en gebruiken.



## 5. Deelnemerinterviews

In dit hoofdstuk worden de resultaten en conclusies van de deelnemerinterviews behandeld. De methoden hiervan zijn behandeld in Hoofdstuk 3. De discussiepunten uit de interviews zullen worden behandeld in de algemene discussie in Hoofdstuk 8.

### 5.1 Resultaten interviews

Het doel van de interviews is beschreven als: ervaringen van deelnemers van Natuuropleiding verzamelen, ideeën op doen voor de leermodule, en inzicht krijgen op de voorkennis, motivatie en meningen van de deelnemers.

Rondom dit doel zijn vijf onderzoeksvragen ontwikkeld die uitgeschreven staan in paragraaf 5.2.

Na afloop van het afnemen van de vier interviews en de data-analyse hiervan werden er zes thema's geïdentificeerd:

1. Doelen
2. Voorkennis
3. Waarde en definitie natuur en biodiversiteit
4. Voorbeelden
5. Negatieve en positieve associaties
6. Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule

Een aanvulling hierbij is dat er ook is gewerkt met een thema 'emoties', dat bestond uit codes over zowel negatieve als positieve emoties. Dit thema overlapt met andere thema's. Zo werd de code 'frustratie' vaker gebruikt als het gesprek ging over problemen rondom de stikstofcrisis. In de volgende resultaten zullen belangrijke emoties verder benoemd worden. Een volledige lijst met alle gebruikte ATLAS.ti codes is te vinden in Appendix A.4. De zes thema's zijn in de tekst hieronder verder uitgewerkt aan de hand van quotes uit de interviews.

#### **Thema: Doelen**

Uit de interviews is gebleken dat de deelnemers verschillende soorten doelen hadden die ze wilden behalen door het volgen van de jaaropleiding bij Natuuropleiding. Deze doelen werden in eerste instantie opgesplitst in drie subthema's: kennis opdoen, netwerkmogelijkheid, en vrije tijd/plezier. Twee extra subthema's werden later nog gedefinieerd tijdens het analyseren van de transcripten, namelijk: inspiratie voor eigen werk, en persoonlijke ontwikkeling.

Er werd in dit hoofdthema een verschil opgemerkt tussen de deelnemers die een natuur gerelateerde baan hebben en de deelnemers die in hun werk niet veel in aanraking komen met natuur. Er werd door de mensen met een natuur gerelateerde baan benoemd dat er vraag was naar meer verdieping over natuuronderwerpen, wat toepasbaar kan zijn voor hun eigen werk. Netwerken en inspiratie opdoen voor eigen werk kwamen ook alleen voor bij deelnemers die een natuur gerelateerde baan hebben. De volgende twee quotes komen van deze groep:

*"Het is goed om je te blijven ontwikkelen."*

*"Ik zocht verdieping. Ja, 100% weet je als natuurgids, en reeën zijn mijn specialiteit, maar als je natuur in gaat, dan vind ik het heel fijn dat als mensen onderweg vragen hebben dat ik daar antwoord op kan geven."*

De tweede groep had als doel vooral om meer in contact te komen met natuur als vrijetijdsbezigheid. Ook vertelde een deelnemer dat een belangrijke reden om mee te doen aan Natuuropleiding het ontdekken was van verschillende onderwerpen waar deze persoon zich verder in zou kunnen verdiepen, als deze persoon weer wat meer vrije tijd zou hebben.

*"Ik ga vanaf waarschijnlijk volgend jaar net wat minder werken en dan mij verdiepen in: wat wil ik eigenlijk? Dingen uitproberen. Daarom vond ik ook de losse module van de Natuuropleiding een leuk idee om eens te kijken van nou wat spreekt me aan en welk thema ga ik op die manier een beetje verdiepen met een paar dagen?"*

Verder gaf de tweede groep aan dat de twintig zaterdagen door hen als vaste 'buiten' momenten werden gebruikt. Door mee te doen aan de jaaropleiding gaven de deelnemers aan dat ze er zeker

van zijn dat ze meer naar buiten zouden gaan. Door drukke werkdagen of een woonplek met weinig natuur was het voor deze groep moeilijker om de natuur op te zoeken. De jaaropleiding gaf hun de mogelijkheid om dit meer in hun vrije tijd te doen. Voor hen was de focus van de opleiding niet zozeer kennis opdoen, maar eerder de ontspanning die voor hen met naar buiten gaan meekomt.

*"En dat ik dan die 20 zaterdagen dus ook echt actief buiten bezig ben in de Natuuropleiding, ja. En dus en verder heeft het eigenlijk geen doel. Is het echt gewoon puur ontspanning, leuk, interesse, hobby ... op die manier."*

Niet alleen het buiten zijn was belangrijk voor de deelnemers, maar hierin ook de connectie met de natuur ervaren en de beleving opzoeken. Ook werd verbinding met de natuur voelen, benoemd als belangrijk doel en ook een reden om mee te doen aan de jaaropleiding. Het ervaren van de natuur, in plaats van alleen theorie te leren, werd vaker benoemd door de geïnterviewden. Dit werd door alle geïnterviewden benoemd.

*"En er zaten heel veel feiten in natuurlijk, maar daar ging ik niet voor en dat bleek dus heel goed te passen. Het ging mij om het ervaren, het voelen, het verbinding voelen met die natuur."*

Deelnemers gaven ook aan dat de Natuuropleiding waardevol was voor hun persoonlijke groei. Daarom is dit later opgenomen als extra subthema. Dit laat zien dat Natuuropleiding verder gaat dan kennis en natuur belevenis omdat deelnemers nieuwe inzichten meenemen in hun persoonlijke leven.

*"Ik heb dus niet dit heb ik verschrikkelijk geleerd, maar ik heb wel een heleboel momenten die ik je nou, als ik je wat beter zou kennen, zou willen vertellen over mijn persoonlijke groei, maar dan moet je nog een paar keer op de koffie komen, wil ik dat delen."*

## **Thema: Voorkennis**

Hoeveel voorkennis de deelnemers al hebben, was een belangrijk thema voor het onderzoek. Ook bij dit thema was er een verschil zichtbaar tussen deelnemers met een natuurgerelateerde baan en deelnemers zonder. In het vorige thema ('Doelen') werden deze verschillen ook al benoemd. De mensen met een natuurgerelateerde baan gaven aan dat zij al kennis hadden over natuuronderwerpen bij aanvang van de jaaropleiding. De volgende quote komt van iemand die een natuurgerelateerde baan heeft:

*"Ik had best wel het gevoel dat ik daar met een voorsprong zat op de rest. Snap je? Als je gewoon al heel veel met dit bezig bent? En ook al, zeg maar heel vaak met boswachters en dergelijke mee."*

De volgende quote komt ook van een van de deelnemers met een natuurgerelateerde baan. Deze deelnemer laat zien ingelezen te zijn in het stikstofonderwerp. De deelnemer benoemt een specifiek stikstofrekenmodel en ook de plekken in Nederland waar stikstofdepositie belangrijk is. Diegene laat hiermee zien specifieke kennis over stikstof te hebben. De deelnemer is sceptisch over de methode die nu wordt gebruikt om stikstofdepositie te meten.

*"Alleen vervolgens worden die Natura 2000 gebieden gebruikt om de stikstof neerdaling te meten. En dat is dus met dat AERIUS model, maar dat wordt totaal uit verhouding weergegeven. Dus, nou ja, dat verhaal van 'in hoeverre stikstof over kan waaien of neer kan dalen' schijnt nergens op te slaan."*

De deelnemers zonder natuurgerelateerde baan waren minder ingelezen in stikstof. Deze groep had doorgaans ook andere doelen voor het volgen van de jaaropleiding (zie het thema 'Doelen'). Deze deelnemers gaven op een aantal momenten zelf ook aan dat ze bepaalde kennis misten. De volgende twee quotes komen van personen uit de groep met minder voorkennis:

*"Maar ik weet er eigenlijk heel weinig van af [van natuur], dus dat was ook mijn start van de Natuuropleiding. (...) Je moet mij niet vragen welke vogel vliegt er of wat welke plant staat hier."*

*"Dat ik stikstof en een heleboel andere thema's waarschijnlijk op een hoop gooi en er dan zo lukraak eens wat uitgehaald waarvan ik denk dat er mee te maken heeft. Dus leuk om meer te weten, te horen."*

Een aantal deelnemers gaf ook al aan dat ze niet zeker waren over de kennis die ze hierover hadden en dingen overnemen van de media die ze consumeren zonder daar zeker van te zijn.

*"Het is zo een politieke beladen, niet meer inhoudelijke, discussie onderwerp geworden. Dat ik er daarom ook niet voldoende van weet en roep wat ik op TV hoor."*

Wat verder opviel was dat de meeste geïnterviewden geen helder beeld hadden bij het begrip stikstof en de stikstofcrisis. De associaties die men hiermee had, worden in het thema hieronder verder behandeld. Wat naar voren kwam uit de interviews is dat thema's als stikstofcrisis en de impact hiervan vaak in de war werden gehaald met andere klimaatthema's zoals zeespiegelstijging of andere natuurverschijnselen.

*"Op het moment dat ergens een vulkaan uitstoot geeft dat zorgt volgens mij ook voor stikstof." –* Verwarring tussen stikstof en zwavel/koolstof. Bij een vulkaanuitbarsting komen er zwaveldioxyden en koolstofdioxyden vrij.

### Thema: Waarde en definitie natuur en biodiversiteit

De deelnemers hebben allen een waarde voor de natuur geuit tijdens de interviews. De definitie van natuur verschilde per deelnemer enigszins. Sommigen maakten onderscheid tussen 'grote natuur', zoals bossen en stranden, en 'kleine natuur', zoals een achtertuin of een park. Anderen gaven aan dat natuur voor hen betekent dat het iets is waar de mens geen invloed op heeft gehad. Al gaven deze deelnemers dan wel weer aan dat dit in Nederland niet voorkwam en dat ze wel natuur zien in Nederland. De volgende twee quotes illustreren de manier waarop men het woord natuur gebruikt:

*"Natuur is voor mij een manier om te ontspannen en je ook weer op te kunnen laden."*

*"Maar ik geloof wel dat we als mens sterker worden als we ons dichter tot de natuur verhouden. Gezondere relatie aangaan met de natuur. Ik vind dat het teveel uit beeld is geraakt. En deel daarvan is onze maatschappij, die nogal hoofd gericht is en met de natuur spreek je ook het lichaam aan. Ik geloof dat het meer in balans moet komen."*

Wanneer gevraagd werd naar de betekenis van biodiversiteit, leek het voor de deelnemers moeilijk te omschrijven. Toch kwamen de antwoorden tussen de interviews overeen en werden vaak woorden als 'veelheid' en 'verscheidenheid' gebruikt. De volgende quote geeft een beeld van hoe de geïnterviewden biodiversiteit omschreven:

*"Biodiversiteit is de veelheid aan planten, bomen, dieren, enzovoorts. (...) Het mooie nou juist is die breedheid, die diversiteit."*

Drie van de vier deelnemers gaven aan dat biodiversiteit ook een waarde heeft voor hen. Deze waarde had vooral te maken met wat een *gebrek* aan biodiversiteit betekent voor de mensheid. De deelnemers gaven aan dat het negatieve gevolgen heeft als de biodiversiteit niet goed in balans is.

*"Terwijl als het niet goed gaat met de planten en met de insecten, dan gaat ook niet goed met fruit en dus uiteindelijk ook niet met ons."*

Opvallend was dat één deelnemer aangaf geen waarde te zien in biodiversiteit. Deze deelnemer was van mening dat het waarde hechten aan biodiversiteit hoort bij het idee dat iedereen nu bezig zou moeten zijn met de natuur en het redden hiervan, en zei dat dit alleen een taak voor professionals zou moeten zijn. De deelnemer gaf aan dat wanneer mensen uit zichzelf begaan zijn met de natuur, er minder aandacht op hoeft te worden gericht vanuit negativiteit.

*"Nou de hele hype rondom, we moeten voor de natuur zorgen en het is 5 voor 12 en al dit soort kreten. Er wordt ons iets aangeleerd door middel van verschillende termen. En het is goed om je erin te verdiepen als het je werk is. (...) Maar an sich zou ik het veel gezonder vinden als wij mensen zo dicht tot de natuur leven, dat we ons op een gezonde manier verhouden tot de natuur en begaan zijn met de natuur, waardoor dat helemaal geen issue is."*

## Thema: Voorbeelden

Tijdens de interviews werd al vrij snel duidelijk dat bepaalde voorbeelden over natuur, stikstof of andere onderwerpen mensen bij zijn gebleven. Wat opviel was dat veel van de bijgebleven voorbeelden die benoemd waren tijdens de jaaropleiding overlapt met de code 'schokkend'.

*"We hebben een dag gehad in een bloementuin en dat was meer voor mij wat ik heel shocking vond, dat ik toen hoorde dat een bos bloemen die je koopt in een winkel, mag je niet eens bij het gift doen zoveel gif zit erop ... en dat vond ik echt zo shocking"*

*"En dan hadden ze [Avolare] zo een voorbeeld van. Hoe heet het ook weer bij McDonalds heb je (...) McFlurry, dus dan hebben ze zo een plaatje van zo een McFlurry ding, maar een egeltje denkt van dat ruikt lekker zoet, die is erin gekropen met zijn koppie vast komen te zitten. Die heeft ook een afschuwelijke verstikkingsdood gehad."*

Los van de bijgebleven voorbeelden uit de jaaropleiding, waren er ook andere schokkende voorbeelden die waren bijgebleven. Zoals het volgende voorbeeld dat ook te maken heeft met het stikstofprobleem:

*"En nou ja, dan staat er weer zo'n boswachter tussen die echt buitengewoon interessant verhaal houdt over die vogeltjes, hè die pakken rupsen, maar daar zit dus te weinig kalk voor in en dan krijg je allemaal ellende ..."*

Ook werd er een voorbeeld genoemd dat meer gaat over de maatschappelijke discussie rondom stikstof. Dit voorbeeld bevat ook die schokkende factor. En laat zien dat deze deelnemer zich ook verdiept heeft in het perspectief van verschillende boeren.

*"Ja er waren boerenprotesten en dus eigenlijk zoveel spanning gecreëerd rondom boeren en stikstof en beleid dat een agent op een tractor heeft geschoten, zat die jongen van 16 in, die is gelukkig niet geraakt. Die [agent] is nou wel veroordeeld, alleen weet je, ik zou niet zozeer de situatie willen veroordelen, maar wel de hele situatie die gecreëerd wordt."*

Als de deelnemers werd gevraagd over biodiversiteit of stikstof werden er ook af en toe voorbeelden gebruikt. Dit waren veelal voorbeelden die men las in het nieuws of op sociale media. Schiphol, Tata Steel, en Shell werden vaak als voorbeeld genoemd van grote bedrijven die stikstof uitstoten.

*"Schiphol, de luchtvaart, natuurlijk die stoot heel veel in één keer uit. Tata Steel is natuurlijk nu veel in het nieuws, stoot heel veel in één keer uit."*

## Thema: Negatieve en positieve associaties

Wat opviel uit de interviews, was dat er onder alle vier de deelnemers een negatieve kijk heerste op het onderwerp stikstof. De eerste associaties hadden vaak te maken met uitstoot door bedrijven. Ook de nadelige effecten op de natuur werden genoemd: wat vaak werd genoemd was hierin het verdwijnen van planten. Dit laat zien dat deelnemers ook een connectie leggen tussen stikstof en de negatieve gevolgen voor de biodiversiteit.

*"Bij mij komt het eerste eigenlijk op, gewoon al die rookpluimen al die uitstoot"*

*"Dan denk ik gelijk aan uitstoot van stikstof door bedrijven."*

*"De schade op de Veluwe als ik me goed herinner. (...) Dus dat er plantjes uitsterven, niet meer kunnen bestaan en dat de heide verdwijnt enzovoort, toch?"*

De associaties van deelnemers gingen niet alleen over grote bedrijven als vervuilers. Wanneer werd gevraagd bij wie de verantwoordelijkheid ligt voor deze crisis, werd ook het individu genoemd als vervuiler. Er werd ook genoemd hoe het individu invloed heeft op de politiek die uiteindelijk verandering teweeg kan brengen.

*"Ik denk ook een beetje gewoon wij allemaal, want zolang wij vlees blijven eten in grote hoeveelheden en dan het goedkoopste vlees willen wat er is. Zolang wij partijen aan de top"*

*brengen met elkaar door de verkiezingen die zeggen: er bestaat geen crisis of wij zijn alleen maar voor de boeren en die zijn zielig."*

Als er werd gevraagd naar de associaties met de stikstofcrisis, dan viel op dat er frustraties heersen bij de deelnemers. Enerzijds waren er frustraties over het gevoel van urgentie voor het oplossen van de crisis en het terugdringen van de uitstoot.

*"Dat gaat naar mijn idee over het feit dat we nu gewoon dat er veel te veel stikstof nu wordt uitgestoten en de crisis is; Hoe krijgen we het teruggedrongen? En snel ook zeg maar, want we hebben eigenlijk geen tijd meer om ja om met de gevolgen te dealen om die te voorkomen."*

Anderzijds waren er ook frustraties over de media-aandacht richting dit onderwerp. Deelnemers waren kritisch op de focus van deze aandacht, die vaak erg negatief is, en vonden dat de media de stikstofcrisis erg vergroot.

*"Ja alle gedoe met de boeren en de tractoren, met name dus niet meer het thema zelf, maar wat het geworden is door alle, in mijn beleving heel verkeerde aandacht."*

*"Voor mij was stikstof het nieuwe zure regen. Er wordt een onderwerp uitgekozen en dan worden we helemaal mee overladen, maar we hebben geen idee hoe het zit. Nogmaals, ik vind het een manier om vanuit negativiteit mensen bij te brengen dat het tijd is om bewust te worden hoe ons te verhouden tot de natuur, dat er een positievere relatie moet tot natuur. Maar ik geloof niet in deze negativiteit."*

Ook toen werd gevraagd naar associaties met biodiversiteit, gaf een deelnemer aan dat het slecht ging met de biodiversiteit door de intensieve landbouw. Er is dus ook een negatieve associatie tussen landbouw en biodiversiteit.

*"Wat bij mij opkomt is die megastallen en het chronisch gebrek aan biodiversiteit, omdat we zo mono zijn gegaan op alles."*

### **Thema: Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule**

De geïnterviewden gaven allemaal aan dat buiten zijn voor hen van belang is. De motivatie voor het kiezen van de jaaropleiding had voor sommigen ook vooral met het buiten-zijn aspect te maken. De volgende quote laat de meerwaarde van buiten zijn zien. De deelnemer gaf aan dat het burlgeluid binnen horen minder écht voelde dan wanneer deze geluiden buiten werden gehoord.

*"Je hoorde dat ze dat burlen heel erg goed ook als je binnen zat, maar dat kwam uit microfoonjes en daar zat een glaswand tussen en dat was dus voor mij heel erg van: nee, dit is niet echt, dit is niet die beleving, Dit is niet dat bijzondere wat ik buiten wel had."*

De manier van lesgeven was ook een belangrijk onderdeel van de opleiding. De geïnterviewden gaven aan dat ze het nuttig vonden wanneer er een connectie zat tussen de verschillende lessen. Aangezien er veel verschillende docenten waren, was het waardevol dat deze docenten goed contact hadden met elkaar.

*"En je merkt dat er ook een goede verbinding is. Dus de degene [docent] die jij die dag ziet die weet ook wat degene [andere docent] voor hem heeft gedaan, en wat degene na hem doet. Dus er zit daarin ook verbinding tussen lessen weer van; goh de vorige keer zijn jullie met die op pad geweest en hebben jullie dat gedaan. Nou en ik doe nu dit in dit blok. Nou, en dat gaat weer door op dit of ik benoem nog even dit, want dat is toen niet aan bod gekomen, dus er zit ook contact tussen degene die het geven."*

Ook werd er duidelijk dat er vraag is naar begeleidend materiaal voor na de opleiding of module. Er werd verteld dat er na afloop van een lesdag soms nog een appgroep wordt opgezet waar de deelnemers contact kunnen houden met de docent. Ook het delen van leesmateriaal of updates rondom een onderwerp waren nuttig voor de deelnemers.

*"Over het algemeen merk ik ook wel dat mensen het fijn vinden als ze nog als ze aan het eind van de les nog iets overhandigd krijgen, waar ook nog wat een en ander aan informatie staat. [...] Dus ik merk dat mensen dat ook wel heel fijn vinden van goh, nou heb ik deze dag gehad, waar kan ik nou nog verder mijn informatie vandaan halen."*

De volgende quotes laten zien dat deelnemers het waardevol vinden om op een positieve manier iets te kunnen bijdragen aan het teveel aan stikstof in de natuur. Deelnemers hebben vaak negatieve associaties bij klimaatverandering en de stikstofcrisis. Door kleine, toegepaste oplossingen aan bod te laten komen in de opleiding, krijgen ze meer hoop en handelingsperspectief. Vaak zijn deelnemers zelf al bewust bezig met hun eigen gedrag aanpassen, zoals minder autorijden of minder vlees eten. Een voorbeeld van een positieve, actieve oplossing die een deelnemer al een keer had uitgevoerd was dennenbomen weg halen nadat een vriendin vertelde dat dat goed was voor de heide.

*"Want als die dennenbomen er wel mee te maken hebben en ik haal een dennenboom weg, dan zet dat niet echt zoden aan de dijk. Maar het voelt wel als ik doe iets in het klein. Ik denk dat dat, want dat heeft ook heel erg die met die verbinding met de natuur te maken. Wat is mijn plek in dit geheel? Wat kan ik?"*

*"Ja dus die combinatie van kennis en meteen toepassen in de praktijk."*

*"En dan niet de dreigingen van niet meer rijden, niet meer vliegen, maar juist die andere kant. Als ik geniet van de dingen die ik doe en dan ook nog bij zou dragen aan het verkleinen van het probleem."*

Een deelnemer gaf ook aan dat het hoopgevend is om te zien dat een project daadwerkelijk is uitgevoerd, zoals bij Avolare is gebeurd.

*"En voor mij was dat zo indrukwekkend [presentatie over Avolare], omdat het was niet alleen de presentatie met het praten, het stond er ook. Ja dat raakte mij. Ik heb zo vaak die beloftes gezien, heel mooi maar ze komen er niet, en daar wel. Dus dat was voor mij wel indrukwekkend."*

Wat verder opviel in de voorbeelden die de geïnterviewden gaven, was dat vooral dingen waren bijgebleven waar een koppeling mogelijk was naar iets waar ze al bekend mee waren. De onderstaande quote illustreert dit mooi. Doordat de deelnemer al een associatie had met herten (vachten) en ze nu in het echt zag, is dit bijgebleven.

*"Ook de hertenbrunst. Mijn oma, die had een doek hangen met van volgens mij van echte dierenhuiden met dieren die tegenover elkaar stonden en nu zag ik die herten echt tegenover elkaar staan. Weet je, het zijn toch tenminste bij mij dat soort dingen, dat dat je ergens een koppeling maakt."*

Verder is het ook belangrijk om na te denken hoe de nieuwe leermodule zou worden gepromoot. Zo gaven deelnemers aan dat een juiste omschrijving van de lesmodule nodig is om misverstanden te voorkomen en te voldoen aan de verwachtingen van de deelnemers. Een naam met stikstof erin wekt al snel negatieve emoties op. Het is dus belangrijk om na te denken over een aantrekkelijke naam voor de module zodat potentiële deelnemer niet meteen worden afgeschrikt.

*"Nou het eerste wat mij overkwam toen ik dit hoorde, van een module stikstof dat ik dacht: 'oh bah, want stikstof is niet leuk, stikstof is tractoren op de weg, stikstof is ruzie, stikstof is bah, ik ga niet naar die module' en dat is zonde, want die module is vast heel erg leuk. Dus de naam en hoe je hem inkleed is in ieder geval voor mij heel belangrijk."*

## 5.2 Interview conclusies

In dit hoofdstuk beantwoorden we de onderzoeksvragen die betrekking hadden op de interviews. De te beantwoorde onderzoeksvragen waren als volgt:

- 1) Wat is de motivatie van deelnemers voor het kiezen van een opleiding bij Natuuropleiding?
- 2) Wat is de ervaring van deelnemers bij Natuuropleiding?
- 3) Wat is de kennis en associaties die de deelnemers van Natuuropleiding hebben over biodiversiteit?

- 4) Wat is de kennis en associaties die de deelnemers van Natuuropleiding hebben over stikstof?
- 5) Wat zijn de ideeën van de deelnemers over de nog te ontwikkelen stikstof lesmodule?

## De motivatie

De deelnemers kozen voor een jaaropleiding bij Natuuropleiding om verschillende redenen. De drang om meer de natuur in te gaan kwam bij iedereen wel ter sprake. De twintig vaste dagen waarbij de deelnemer hoogstwaarschijnlijk naar buiten zal gaan, was voor velen een reden om te kiezen voor een jaaropleiding in plaats van bijvoorbeeld een eendaagse cursus over een natuuronderwerp. Hierdoor wisten de deelnemers zeker dat ze gedurende het hele jaar de natuur zouden opzoeken. Ook was het ervaren leren en de beleving opzoeken in de natuur een belangrijke motivatie factor om te kiezen voor Natuuropleiding.

Andere redenen waren meer verdeeld tussen de deelnemers. Er was een tweedeling te zien tussen mensen met een natuurgerelateerde baan en mensen zonder. De mensen die in hun werk veel met natuuronderwerpen te maken hebben, hadden vaker doelen zoals: hun kennis verbreden, netwerken, of inspiratie opdoen voor eigen werk. Mensen zonder een natuurgerelateerde baan kwamen vaker om kennis op te doen over onderwerpen waar ze voorheen vrij weinig kennis over hadden, en ze kwamen ook voor ontspanning en plezier. De deelnemers met een natuurgerelateerde baan namen ook deel aan de opleiding voor ontspanning en plezier, naast de eerdergenoemde redenen.

## De ervaring

De ervaring met Natuuropleiding was voor alle geïnterviewden positief. De lesmomenten die het meeste waren bijgebleven of het meest leerzaam waren, werden vaak benoemd als specifieke lesonderdelen (bijvoorbeeld de lesdag hertenbronst, lesdag bomen, lesdag bij Avolare). De deelnemers benoemden veel lesdagen met buitenactiviteiten. Het naar buiten gaan en de natuur actief ervaren is de deelnemers sterk bijgebleven. Ook waren sommige docenten positief bijgebleven, deze docenten straalden rust uit en waren zichzelf. Een duidelijke samenwerking en communicatie tussen de docenten werd gewaardeerd door de deelnemers, zodat de lessen goed op elkaar aansluiten.

## Biodiversiteit

De definitie van biodiversiteit werd door de deelnemers voornamelijk omschreven als 'de verscheidenheid van planten en dieren'. De meeste deelnemers (drie van de vier) hebben ook een positieve waarde geuit naar het onderwerp biodiversiteit. Deze waarde had voornamelijk te maken met de rol van biodiversiteit op het welzijn van de mens, zowel mentaal welzijn als het produceren van voedsel. De persoonlijke waarde werd in de interviews niet duidelijk benoemd. Hier zou eventueel meer aandacht op gevestigd kunnen worden in een leermodule. Het was bij de deelnemers niet opgekomen dat biodiversiteit niet alleen effect heeft op de mensheid, maar dat het ook wat voor hen als individu kan en mag betekenen.

Wat verder opviel was dat de antwoorden met twijfels werden gebracht. De deelnemers waren minder zeker over hun antwoorden dan ze over onderwerpen zoals natuur en de Natuuropleiding waren. Dit kan te maken hebben met onzekerheid over de definitie van het woord biodiversiteit, of een gebrek aan kennis over het onderwerp.

## Stikstof

De algemene kijk op stikstof bleek vrij negatief te zijn, met ook enige frustraties. Er is een tweedeling in waarom de deelnemers gefrustreerd waren over het onderwerp stikstof en stikstofcrisis. Enerzijds was er frustratie vanwege de framing van dit onderwerp en de negatieve media-aandacht. Anderzijds was er frustratie omdat stikstof direct werd geassocieerd met uitstoot van grote bedrijven als Shell, Schiphol en Tata Steel. Deze uitstoot werd gelinkt aan de schadelijke effecten op de natuur. Deelnemers benoemden dat het individu ook verantwoordelijk is voor de stikstofcrisis.

Stikstof werd nauwelijks door de deelnemers in een positieve context benoemd. De deelnemers waren zich niet bewust van het belang van stikstof in de natuur en dat stikstof niet altijd negatief

hoeft te zijn. Er ontbreekt dus een bepaald stuk aan kennis over dit onderwerp bij de geïnterviewden.

### De nieuwe leermodule

De volgende conclusies met betrekking op de leermodule over stikstof, zijn deels gemaakt aan de hand van de vorige onderzoeksvragen. Deze conclusies zullen in het uiteindelijke advies in Hoofdstuk 7 worden meegenomen.

Wat vooraan staat, is dat een leermodule voor Natuuropleiding veel buiten plaats moet vinden. Dit was niet alleen een reden waarom mensen voor de jaaropleiding hebben gekozen, maar het werd ook als een positief lesonderdeel ervaren. Deelnemers willen graag de beleving buiten opzoeken door middel van een actief lesprogramma. Hierbij staat het beleven van de natuur of omgeving centraal.

Stikstof is een beladen onderwerp dat enigszins voorzichtig benaderd zal moeten worden. De leermodule moet niet te zwaar worden. Daarom is het van belang om ook positieve kanten te belichten. Het nut van stikstof in de natuur is een onderwerp dat meer belicht kan worden aangezien er onder de deelnemers weinig kennis over was. Een positieve benadering van een ingewikkeld onderwerp dat doorgaans negatief wordt behandeld, spreekt meer aan bij de doelgroep van de module. Deelnemers zien graag oplossingen in praktijk, dit geeft een hoopvol gevoel. Verder spreekt de titel 'stikstof leermodule' niet aan. Dit heeft te maken met de negatieve associaties die heersen rondom het thema. Een stikstof leermodule wordt niet als 'leuk' gezien maar eerder als een discussie over de problematiek. Een meer aantrekkelijke naam voor de module kan ervoor zorgen dat mensen toch de leermodule willen gaan volgen. Verder is het van belang dat de module duidelijk wordt omschreven om misverstanden te vermijden en ervoor te zorgen dat er wordt voldaan aan de verwachtingen van de deelnemers.

Een belangrijk onderdeel van de jaaropleiding was de manier van lesgeven. Zo is het belangrijk dat er verbinding tussen verschillende lesdagen is. De docenten zouden van elkaar moeten weten wat er in de voorgaande lessen is behandeld zodat ze daar eventueel op terug kunnen komen of juist op voort kunnen bouwen. De verschillende lesdagen moeten worden gezien als een onderdeel van een verhaal en niet als losse verhalen.

Verder werd duidelijk dat er behoefte is aan materiaal wat de deelnemers kunnen gebruiken om door te blijven leren na de leermodule. Het is dus van belang dat een nieuwe leermodule dit ook aanbiedt. Dit zou kunnen in de vorm van artikelen delen, nieuwsberichten doorsturen, of contact met de docent houden. Echter, een praktische oplossing voor problemen wordt ook gewaardeerd door de deelnemers. Dit zou dan iets kleins zijn wat de deelnemer zelf kan doen om bij te dragen aan de oplossing.

Uit de verhalen van de deelnemers werd ook duidelijk dat het helpt om een verband te leggen tussen een te behandelen onderwerp en een persoonlijke ervaring. Dit helpt bij het onthouden van de lesstof en het onderwerp in perspectief plaatsen in het leven van de deelnemer. Het delen van perspectieven een nuttige toevoeging kunnen zijn aan een lesdag. Ook bleek dat veel van de deelnemers bepaalde voorbeelden goed onthouden hadden. Dit waren voornamelijk schokkende voorbeelden. Schokkende verhalen en beelden blijven de deelnemers goed bij, maar er werd ook aangegeven dat er geen behoefte is aan negatieve framing van onderwerpen. Ondanks dat schokkende beelden, en het verhaal daaromheen, de deelnemers goed is bij blijven, is het ongewenst om een negatief beeld te tonen. Schokkende beelden of verhalen worden niet aangeraden om teveel aanbod te laten komen in de stikstof leermodule aangezien er bij de deelnemers nu al een negatief beeld rondom stikstof heerst. Dit beeld zou verergerd kunnen worden door de schokkende voorbeelden.



## 6. Uitgevoerde bezoeken

### 6.1 Vogeldag

Op 11 november hebben twee van ons meegelopen met de middag (13u tot 16u) van Natuuropleiding lesdag op de Grebbeberg. Het onderwerp van deze dag was vogelen, dus onder begeleiding van een vogelaar hebben we door een verrekijker naar boomklevers, gaaien en ganzen gespeurd (zie Figuur 20). Het doel van dit bezoek was om te ontdekken hoe een lesdag van Natuuropleiding er ongeveer uit ziet en om sfeer te proeven. Daarnaast hebben we wat informele gesprekjes gevoerd met deelnemers om te ontdekken wat hun motivatie voor deelname aan de jaaropleiding is en wat memorabele lessen waren. Dit heeft gediend als inspiratie voor de opzet van interviews, maar het was voornamelijk een oriëntatie op hoe zo'n lesdag normaliter verloopt. De voornaamste conclusie was dat deelnemers onderling en met de docent informeel omgaan en vooral op zoek zijn naar een leuk en gezellig dagje in de buitenlucht.



Figuur 20. Deelnemers van Natuuropleiding en 2 afgevaardigden van NatuurWijzer tijdens de Vogeldag. Bron: Vogelwachter Adriaan.

### 6.2 Akkerbouwbedrijf Saalland

Op 27 november hebben we een bezoek gebracht aan akkerbouwbedrijf Saalland. Het doel was om het boerenbedrijf van biologische boer Wim en zijn vrouw Marga te scouten als eventuele leslocatie, en om inzicht te krijgen in de visie van een biodynamische boer over de stikstofcrisis en de invloed ervan op de bedrijfshuishouding. Een uitgebreide samenvatting van dit bezoek is te vinden in Appendix A.1.: Wim Stegeman, maar hieronder zullen we de belangrijkste bevindingen opsommen.

Wim is in 2003 begonnen als conventionele boer, is toen gestopt met ploegen, werd biologische boer en heeft nu zelfs een biologisch-dynamische certificering (Demeter keurmerk), waarbij je maar 112 kg N/ha mag toevoegen. Daarnaast meet hij na de oogst hoeveel stikstof er nog aanwezig is in de bodem om te kijken hoe hoog het risico is op uitspoeling en of hij volgend jaar minder kan bemesten.

Wim teelt minstens 12 gewassen die worden geteeld volgens een bouwplan, waarin de gewassen in gewasgroepen worden afgewisseld. Er wordt een volgorde aangehouden die rekening houdt met ziektes en met stikstofdynamieken.

Wim probeert actief biodiversiteit te stimuleren rondom zijn bedrijf, "Omdat het me blij maakt om biodiversiteit te zien, maar ook omdat ik geloof dat het hulptrouwen zijn voor mijn bedrijf." Hiervoor zorgt hij door niet te ploegen (ploegen vermindert het bodemleven in de toplaag), groenbemesters te planten en alleen biologische bestrijdingsmiddelen en bloemrijke akkerlanden te gebruiken. Daarentegen is een biologisch bedrijf met het oog op biodiversiteit niet altijd beter dan gangbare bedrijven, want biologische boeren bestrijden onkruid machinaal wat vogels verstoort. In gangbare landbouw wordt er af en toe gespoten, maar is er meer rust tijdens het broedseizoen.

Wim spreekt zelf niet van een stikstofcrisis, maar een natuurcrisis. Het draait namelijk om een stikstofoverschot wat neerslaat op de natuur, waardoor de natuur in slechte staat is. Hij vindt dan ook dat niet alle energie op stikstof gericht moet worden, want het is een groter plaatje dat aangepakt moet worden.

Hij heeft ook politieke ideeën over hoe het probleem (natuurcrisis) aangepakt moet worden: er moet een aanpak van onderaf zijn. Als je beweging wilt krijgen bij de boeren, moet er een visie zijn met doelen in de plaats van alleen maar maatregelen die opgelegd worden. Dit laat zien dat de boeren er zelf baat bij hebben om te veranderen en vervolgens zelf een weg mogen kiezen om bij het doel uit te komen.

Het gaat nu veel over het stoppen van boerenbedrijven, maar er moet naar meer plaatselijke maatregelen gekeken worden. Sommige bedrijven liggen naast een Natura2000 gebied en moeten minder stikstof uitstoten, maar in Zeeland is een

mesttekort, dus het is ook een mogelijkheid om veel (melk)veebedrijven naar Zeeland te verplaatsen.

Naast het verzamelen van deze inhoudelijke informatie, wilden we kijken of akkerbouwbedrijf Saalland een potentiële leslocatie kan zijn. Naast dat boer Wim duidelijk kon uitleggen welke rol stikstof en biodiversiteit hebben in zijn bedrijf, is hij ook gewend om rondleidingen te geven op zijn land. Hij gaat bewust om met stikstof, biodiversiteit van zowel zijn gewassen, de bodem als vogels en neemt veel maatregelen om dit te optimaliseren. Daarnaast is hij kritisch op de meerwaarde van biologisch boeren versus conventioneel boeren en denkt na over de politiek rondom de stikstofcrisis. Dit maakt dat zijn bedrijf (of van iemand met een vergelijkbare insteek) een meerwaarde kan zijn voor de module over stikstof. Vooral omdat hij echt het grote plaatje wil laten zien. Hieronder zijn in Figuur 21 foto's te zien van akkerbouwbedrijf Saalland.



*Figuur 21. Impressiefoto's van akkerbouwbedrijf Saalland.*

### 6.3 Wildopvang Avolare

Op 9 december hebben we meegelopen met een excursie van Natuuropleiding naar wildopvang Avolare. Dit was geen normale lesdag van Natuuropleiding, want normaal hebben ze een docent die buiten met hen aan de slag gaat. Deze dag kon dus geen volledig beeld geven van hoe Natuuropleiding in zijn werkt gaat; maar het was desondanks een waardevolle impressie van bijvoorbeeld groepsdynamieken en omgaan met informatie. Het doel was om te zien hoe de tijdsindeling van de dag globaal in elkaar zit (hoe lang is de introductie, hoeveel tijd wordt er besteed aan daadwerkelijk nieuwe informatie) en om te observeren hoe er omgegaan wordt met eventuele emoties van en voor de deelnemers. Helaas hadden veel van de deelnemers kort van tevoren afgezegd, dus er waren maar drie deelnemers aanwezig op de lesdag. Hierdoor was het moeilijker om groepsdynamieken te bekijken.

De dagindeling was als volgt: het eerste halfuur (10:00-10:30) was er inloop met koffie en thee, en rustig kennismaken. Vervolgens begon de presentatie over de geschiedenis en werkzaamheden van Avolare. Deze presentatie duurde ongeveer twee uur (10:30-12:30), met een lange koffiepauze tussendoor, en veel ruimte voor vragen en discussies gedurende de hele presentatie. Daarna hadden we samen lunch voor ongeveer een uur (12:30-13:30), waar de deelnemers samen eten deelden in de vorm van een potluck, en met elkaar en ons in gesprek gingen. Hierna volgde een fysieke rondleiding langs de buitenverblijven van Avolare voor ongeveer een uur (13:30-14:30). Het Avolare-programma sloot af met een halfuur aan casussen: in de vorm van

een presentatie kregen wij een patiënt van de wildopvang te zien en mochten we raden wat er aan de hand was, wat gevolgd werd door een uitleg van de situatie en hoe ze ermee om zijn gegaan. Tot slot was er nog een uur met reflectie vanuit Natuuropleiding (15:00-16:00), waarin deelnemers gestimuleerd werden om terug te kijken op het afgelopen blok en de dingen die hen het meest waren bijgebleven.

Gedurende de dag viel het ons op dat er veel aandacht was voor emoties. Monique introduceerde de dag bijvoorbeeld als volgt: *"Ik was ontroerd toen ik hier zelf de eerste keer was, daarom dacht ik dat iedereen dit moet zien."* Ze linkte dit sterk aan hoe je om kunt gaan met worstelingen met bijvoorbeeld je werk en je idealen, en hoe we omgaan met de relatie tussen mens en natuur. We merkten ook dat de deelnemers juist bij deze gespreksonderwerpen vaak zelf actief mee gingen doen. Deelnemers gebruikten ook veel voorbeelden uit hun eigen leven bij besprekingen van onderwerpen. Er was veel ruimte voor gesprek hierover.

Naast de aandacht voor emoties zagen we ook juist aandacht en interesse voor nieuwe kennis. De deelnemers hadden opschrijfboekjes bij zich en schreven regelmatig wat aantekeningen op. Dit gebeurde niet zozeer bij de meest inhoudelijke punten, als wel bij anekdotes en voorbeelden die de deelnemers leken te raken.

Tijdens de evaluatie van het blok "dieren" bespraken deelnemers wat hen het meest was bijgebleven van deze lesmodules. Wat hierbij opviel was dat de deelnemers bespraken dat ze meer onthielden en bezig bleven met stof, wanneer ze echt iets deden met de stof. Een voorbeeld was water scheppen en diertjes tellen in een eerder blok bij het onderwerp mineralen. De deelnemers benoemden dat ze niet altijd veel leerden of veel kennis opdeden tijdens een lesdag, maar wel dat ze op een andere manier zijn gaan kijken, luisteren en waarnemen aan de hand van bijvoorbeeld de lesdag over vogels.

Onze impressie aan het eind van deze lesdag was dus dat Natuuropleiding veel aandacht biedt om bezig te zijn met emoties en gevoelens, met name door veel ruimte voor gesprek. De deelnemers leken zich hier ook comfortabel bij te voelen. Wat hieraan bijdroeg was de ontspannen indeling van de dag, met veel ruimte voor gesprek en eigen vragen. De deelnemers gaven een voorkeur aan voor lesdagen waarin ze een onderwerp zelf kunnen ervaren. Figuur 22 geeft een impressie van deze dag.



*Figuur 22. Impressiefoto's van het bezoek aan Wildopvang Avolare. Opzet tijdens algemene uitleg (A); algemene indruk locatie (B); en impressie van de rondleiding langs de buitenverblijven (C en D).*

## 7. Advies

### 7.1 Bevindingen

Ons theoretisch onderzoek, samen met de expert- en deelnemersinterviews, heeft geleid tot een aantal conclusies over de vorm en de inhoud van de module.

Wat betreft de inhoudelijke achtergrond over stikstof en stikstofdepositie, gebaseerd op literatuuronderzoek en expertgesprekken, is ons duidelijk geworden dat het een complex verhaal is waar veel verschillende factoren een rol spelen. Tegelijkertijd valt deze complexe boodschap samen te vatten in compacte kernboodschappen. De essentie van de theorie voor de module zou zijn dat stikstofdepositie een specifieke vorm van stikstof is, en hoe dit schade kan toebrengen aan natuurgebieden. Uit onze deelnemersinterviews bleek dat dit basisbegrip van stikstof als nuttige bouwstof in het leven vaak miste, omdat de deelnemers stikstof vooral kennen als iets wat schade aan de natuur brengt. Dit toont aan dat het inderdaad van toegevoegde waarde kan zijn om breed te starten met het leren kennen van stikstof.

Qua didactiek is onze belangrijkste bevinding het nut van activerende werkvormen en het terughalen van kennis, om het leervermogen van deelnemers te verbeteren. Daarnaast hebben we uit ons pedagogische onderzoek het belang bevonden van méér dan alleen kennisoverdracht: juist voor een maatschappelijk relevant onderwerp als stikstofdepositie, gelinkt aan de stikstofcrisis, is het van waarde om deelnemers met hoofd, hart en handen te betrekken bij het onderwerp. Dit sluit aan bij bevindingen uit de deelnemersinterviews, waarin meerdere deelnemers blijk gaven van veel emotie over het onderwerp. In de module kan daarom ruimte voor emoties en gevoelens verwerkt worden door middel van activiteiten die de deelnemers met elkaar in gesprek brengen en in zichzelf laten zoeken naar hun eigen gevoelens. Deze doelen zijn verwerkt in de leerdoelen die we hebben opgesteld.

Een terugkerend thema in het pedagogische onderzoek, de expertgesprekken en de deelnemersinterviews was het belang van handelings- en toekomstperspectief. Dit helpt voor het creëren van meer bewustzijn voor wat deelnemers ook zelf kunnen doen, maar bovenal is het belangrijk dat de deelnemers hoopvol of optimistisch kunnen eindigen. Aan het einde van de module raden wij aan dat er afgesloten wordt met concrete dingen die deelnemers kunnen gaan doen om meer bewustzijn te creëren of de effecten van stikstofdepositie te verminderen. Naast het nut van toekomst- en handelingsperspectief sluit dit ook aan bij de wensen van de deelnemers. De geïnterviewden gaven aan dat het fijn is als de les afsluit met suggesties voor meer informatie. Aan het eind van een lesdag zijn de deelnemers gemotiveerd en enthousiast en krijgen vaak extra materiaal in de vorm van sites, series of boekentips over de behandelde onderwerpen. Hier willen wij dan ook rekening mee houden door de laatste dag af te sluiten met acties te benoemen die de deelnemers thuis kunnen uitvoeren om bezig te zijn met stikstof.

Voor de concrete invulling van zulke lesonderdelen hebben we een longlist samengesteld van ideeën gekoppeld aan de opgestelde leerdoelen: zie Appendix B. Wat betreft locaties om te bezoeken hebben we uit onze eigen bezoeken geconcludeerd dat het waardevol is om een boerderij of akkerbouwbedrijf te bezoeken. Op bezoek bij akkerbedrijf Saalland van biologische boer Wim Stegeman hebben wij veel geleerd over stikstof in de praktijk. Het is erg leerzaam om te zien en te horen hoe een boer omgaat met stikstof wat een waardevolle toevoeging zou zijn aan onze module.

Deze algemene conclusies hebben we vorm gegeven in een concept voor een concrete invulling van de leermodule. Die wordt hieronder besproken.

### 7.2 Visie en leerdoelen

Kernboodschappen van het volledige theoretisch kader, expertgesprekken, deelnemersinterviews en locatiebezoeken hebben samen geleid tot een visie. Uit deze visie zijn twee hoofddoelen opgesteld. Deze hoofddoelen zijn ambitieus en omvatten de gehele module. Om te helpen deze hoofddoelen te bereiken, zijn leerdoelen opgesteld die onderverdeeld zijn in hoofd, hart en handen. Bij het formuleren van deze leerdoelen is rekening gehouden met de taxonomie van Bloom en heeft het

artikel van Devid & Hemeltjen (2023) als inspiratie gediend voor het gebruik van specifieke werkwoorden.

## Onze visie

Met de theoretische informatie over stikstof en het didactisch perspectief in gedachten, hebben wij als NatuurWijzer een visie voor de module opgesteld. Deze visie omvat de manier waarop we de lessen zouden willen zien (didactiek) en de leeromgeving die gecreëerd wordt (pedagogiek):

Gedurende de module willen we deelnemers niet alleen kennis over stikstofdepositie en biodiversiteit meegeven, maar ook mensen actief verbanden te leren leggen om zo hun systeemdenken aan te spreken. Dit houdt in dat het inlevingsvermogen van deelnemers aangesproken wordt en ze vanuit verschillende perspectieven (belanghebbenden, elkaar, planten, dieren, stikstof etc.) gaan denken, waardoor ze de grotere context gaan inzien. Het is daarnaast belangrijk om de dialoog aan te gaan met elkaar en experts. Hierdoor komen ze achter de complexiteit van het maatschappelijke debat en krijgen ze de kans om hun wereldbeeld aan te scherpen of zelfs aan te passen.

Door voorkennis te activeren, betrekken we iedereen bij de les. Hierdoor ziet iedereen wat diegene al weet van het onderwerp en kan daardoor makkelijker nieuwe kennis koppelen aan eerdere ervaringen. Het is belangrijk om vervolgens veel (beeldende) voorbeelden te geven en actief aan de slag te gaan met de theorie. De deelnemers gaan altijd de natuur in zodat het mogelijk is om veel voorbeelden te laten zien en om enthousiasme en betrokkenheid aan te wakkeren. Dit alles maakt dat er met hoofd, hart én handen geleerd wordt.

Daarnaast is het de bedoeling dat ze de tijd krijgen om door de achtbaan van nieuwe informatie en inzichten heen te komen (mondelijke communicatie met Paul Roncken). Dan krijgen mensen de tijd om alle ervaringen en inzichten een plekje te geven. Dit wordt gedaan door in opeenvolgende lessen veel informatie te herhalen en dat er regelmatig bij nieuwe uitleg gelinkt wordt aan eerder besproken theorie. Het doel van deze module is om de stof begrijpelijk te maken, zonder de complexiteit uit het oog te verliezen.

Tenslotte willen we deelnemers niet demotiveren met de complexiteit van het hele verhaal rondom stikstofdepositie. Dit betekent dat we hoop en toekomstperspectief moeten bieden. Deelnemers krijgen de handvaten om te reflecteren op hun eigen gedrag. Na deze module begrijpen ze de grotere context rondom stikstofdepositie, snappen het perspectief van meerdere belanghebbenden en zijn ze zich bewust van het effect van hun eigen handelen.

## Leerdoelen

De twee hoofddoelen zijn:

- ➔ Deelnemers kunnen uitleggen hoe stikstofdepositie werkt, wat de effecten zijn van stikstofdepositie op biodiversiteit en wat er in de toekomst gedaan kan worden om de effecten van verhoogde stikstofdepositie tegen te gaan.
- ➔ Deelnemers kunnen hun eigen emotie en standpunten, en die van verschillende belanghebbenden die ene rol spelen in stikstofdepositie, benoemen en met behulp hiervan verbanden leggen binnen de complexiteit van het maatschappelijke debat.

Voor de rest van de leerdoelen is er een onderscheid gemaakt tussen hoofd, hart en handen, al hebben deze verschillende aspecten in de praktijk vaak met elkaar te maken en kunnen ze niet volledig onderscheiden worden.

### Hoofd

1. Deelnemers hebben een algemeen begrip over wat stikstof is en waar het in voorkomt.
2. Deelnemers kunnen meerdere voorbeelden noemen van effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit.
3. Deelnemers kunnen effecten van stikstofdepositie herkennen in natuurgebieden.
4. Deelnemers kunnen verbanden leggen tussen verschillende bronnen en effecten van stikstofdepositie.
5. Deelnemers kunnen met eigen woorden vertellen welke herstelmogelijkheden er zijn voor stikstofgevoelige gebieden.

### Hart

6. Deelnemers zijn zich bewust van hoe hun eigen handelen invloed heeft op stikstofdepositie in de natuur en kunnen hierop reflecteren.



7. Deelnemers kunnen reflecteren op en communiceren over hun waarden ten aanzien van natuur en (het beschermen van) biodiversiteit.
8. Deelnemers kunnen zich inleven in het perspectief van elkaar, belanghebbenden in de stikstofcrisis en de betrokken organismen in het ecosysteem.
9. Deelnemers zijn zich bewust van eigen en andermans gevoel, dat het onderwerp teweeg kan brengen en gaan hier respectvol mee om in gesprek.
10. Deelnemers hebben de ruimte en voelen zich veilig genoeg om gevoelens en emoties met elkaar te kunnen delen

### **Handen**

11. Deelnemers staan open voor andere perspectieven over stikstof en biodiversiteit en kunnen hierover in gesprek gaan.
12. Deelnemers kunnen handelingsperspectief tonen op het gebied van stikstofdepositie en/of de effecten in de natuur. Dit kan gaan over het kunnen bedenken van concrete acties die bijdragen aan een vermindering van het probleem, of acties die de bewustwording van mensen om hen heen vergroten.

## 7.3 Concreet voorstel opzet leermodule

Gebaseerd op ons onderzoek zijn we tot een advies gekomen voor de opzet van de leermodule (zie Figuur 23). We richten ons op een module van drie dagen, zodat er genoeg ruimte is voor alle onderdelen die we hierin willen verwerken. Daarnaast geeft dit deelnemers de tijd en ruimte om tussendoor de inhoudelijke informatie te verwerken en eigen emotionele betrokkenheid te ontwikkelen. Deze lesdagen zijn verspreid over meerdere weken, zodat er minstens een maand tussen de eerste en laatste lesdag zit. De aanbevolen periode is tussen april en juli, omdat dit een interessante periode is in de natuur met veel planten in bloei, maar ook een interessante periode in de landbouw waarin veel bemest wordt en planten beginnen met groeien.



Figuur 23. Illustratie opzet leermodule.

Elke lesdag heeft een eigen thema, waarin andere aspecten van het onderwerp stikstofdepositie belicht worden. Waar de eerste dag vooral de focus ligt op een brede introductie over stikstof en stikstofdepositie, gaan we in de lesdag daarna dieper in op de effecten op de natuur en biodiversiteit. We eindigen met een hele dag over herstel mogelijkheden en mogelijke actie, om deelnemers perspectief te bieden en hoopvol te eindigen. De activiteiten zijn gekoppeld aan de



leerdoelen zoals opgesteld in Hoofdstuk 7.2; zie Tabel 3 (pagina 61) voor een overzicht van de koppeling van leerdoelen en activiteiten.

Een onderdeel van deze module is het opdoen van kennis over stikstof, stikstofdepositie en biodiversiteit. We laten de deelnemers zo veel mogelijk ontdekkend leren door met interactieve opdrachten met deze informatie aan de slag gaan. Om het leervermogen te bevorderen, starten we de lesdagen met het ophalen van basiskennis en/of het terughalen van de leerstof van de vorige lesdag.

Naast het opdoen van kennis speelt gevoel en emotie ook een belangrijke rol in deze module. Hier willen we aandacht aan geven door de deelnemers over de drie lesdagen heen geregeld met elkaar in gesprek te brengen, en via interactieve opdrachten vorm te geven aan emoties die op kunnen komen bij henzelf, en bij andere partijen die betrokken zijn bij de stikstofcrisis. We stimuleren de deelnemers om zich in te leven in perspectieven die verder van hun eigen leefwereld verwijderd zijn, omdat dit een groter leerproces kan opleveren. Dit is deels direct vormgegeven in de activiteiten; daarnaast is het van groot belang dat de docenten zich hiervan bewust zijn, zodat het bij elke activiteit terug kan komen in de manier waarop de activiteit wordt uitgevoerd of behandeld. Zo is het altijd mogelijk om de deelnemers met elkaar in gesprek te brengen, en vragen te stellen die de deelnemers zelf aanzetten tot nadenken.

## Dag 1: Stikstof algemeen

Dag 1 zal in het teken staan van een algemene introductie over stikstof en het stikstofoverschot in Nederland. Daarnaast willen we de deelnemers met elkaar in gesprek brengen en een veilige ruimte bieden voor vragen, verschillende meningen, en gevoelens die dit onderwerp op kan brengen. Gedurende deze dag komen de Hoofdstukken 4.1 t/m 4.3 van het theoretisch kader aan bod: stikstof in het algemeen, stikstofkringloop en bronnen van stikstofuitstoot. Het doel is om de deelnemers voor te bereiden op dag 2 en 3, zowel qua achtergrondkennis als qua verwachtingen, vragen en potentiële emoties rondom het onderwerp.

### *Globale dagopzet*

De globale indeling van de dag is als volgt:

- Deelmoment: deelnemersmotivaties en verwachtingen.
- Introductie: wat is stikstof en waar zit het in?
- Creatieve behandeling stikstofkringloop.
- Bespreken bronnen stikstofdepositie.
- Introductie plantjes-experiment voor thuis.

### *Locatie*

Deze dag is niet sterk gebonden aan één locatie, de meeste inhoud zou vrijwel overal uitgevoerd kunnen worden. Dit in tegenstelling tot de volgende dagen, waar duidelijk locaties bezocht worden. Het is dus voor de eerste dag vooral zaak om een locatie te kiezen die interesse opwekt bij de deelnemers, en waar ruimte is voor opdrachten en creatieve dingen. We raden aan om het thema van de dag vorm te geven rondom koken. Dit thema kan door de verschillende lesonderdelen heen terugkomen: zo leren de deelnemers om stikstof als *ingrediënt* te zien in plaats van één specifiek gerecht. We denken hiervoor specifiek aan het GroenteLab in Doorn, waar een restaurant van een chef-kok gecombineerd is met een vergaderruimte, omgeven door bos.

Als koken geen gewenst thema is, zouden alternatieve originele locaties een bouwplaats of een atelier kunnen zijn. Een bouwplaats kan aan het onderwerp gekoppeld worden omdat de bouw stil ligt door de stikstofcrisis en de deelnemers op deze dag kunnen leren om stikstof als een *bouwsteen* van allerlei moleculen en processen te zien. Een ander alternatief is een atelier, waar veel ruimte en mogelijkheid is om op een originele en creatieve manier met de inhoud bezig te gaan.

### *Deelmoment*

Om bewust ruimte te bieden voor gevoelens en verwachtingen van de deelnemers, start de dag met een open deelmoment (Appendix B.1. longlist, nr. 26). Hierin worden de deelnemers gestimuleerd om met elkaar te delen waarom ze voor deze module hebben gekozen, wat hun verwachtingen zijn, en wat hun vragen zijn rondom de stikstofproblematiek. Na deze introductie kunnen we inhoudelijk van start gaan.



## *Introductie*

Om deelnemers thuis al na te laten denken over de module, willen we deelnemers voorafgaand aan deze dag de opdracht geven om iets mee te nemen dat stikstof bevat (Appendix B.1. longlist, nr. 15). Hierdoor wordt er voorkennis opgehaald, en het is tijdens de eerste lesdag een gespreksopener om elkaar te leren kennen en te starten met de module. De deelnemers presenteren hun voorwerpen aan elkaar en gaan in gesprek over waar wel of geen stikstof in zit. Hierna wordt kort uitleg gegeven over dat stikstof in allerlei producten kan zitten, en heel veel verschillende rollen vervult – en dat het maar in specifieke vormen schadelijk kan zijn voor biodiversiteit. Er worden specifieke voorbeelden getoond van onverwachte objecten waar stikstof in kan zitten (Appendix B.1. longlist, nr. 15).

## *Creatieve opdracht stikstofkringloop*

Nu de deelnemers meer beeld hebben van waar allemaal stikstof in kan zitten, wordt dit meer aan de natuur gekoppeld door middel van de natuurlijke stikstofkringloop. De stikstofkringloop wordt zo simpel mogelijk uitgelegd, met een focus op de gedachte dat stikstof normaal gesproken in een kringloop beweegt, maar dat er ook verliezen naar het milieu kunnen zijn. Hierna worden de deelnemers gestimuleerd om dit zelf zichtbaar te maken. Ze krijgen bijvoorbeeld de opdracht om zich in te beelden in de verschillende plekken waar stikstof zich bevindt in de kringloop, en wijzen naar elkaar om te laten zien hoe stikstof door de kringloop beweegt (Appendix B.1. longlist, nr. 17). Een interessant alternatief is om een VR-ervaring te ontwikkelen waarin de deelnemers de stikstofkringloop kunnen zien door de ogen van een stikstofatoom (Appendix B.1. longlist, nr. 17).

## *Bespreking bronnen van stikstofdepositie*

Na de vorige onderdelen hebben deelnemers een beeld van wat stikstof is en wat stikstofdepositie betekent. Dan wordt er stilgestaan bij waar deze stikstofdepositie vandaan komt. De deelnemers krijgen een klein opdrachtje om een beeld te krijgen bij de grootte van de stikstofdepositie in Nederland. Ze krijgen bijvoorbeeld de opdracht om te berekenen wat de stikstofuitstoot was van hun autoritje naar de leslocatie. Vervolgens krijgen ze te horen wat de totale stikstofdepositie in Nederland is, zodat ze een beeld krijgen van hoeveel meer de totale stikstofuitstoot is (Appendix B.1. longlist, nr. 19). Daarna wordt kort uitgelegd dat landbouw, verkeer, en industrie bijdragen aan de stikstofdepositie in Nederland.

## *Moleculair chef*

De dag eindigt in de keuken! De deelnemers hebben veel geleerd en gedaan, en aan het eind van die dag mogen ze nog even ontspannen – en tegelijkertijd de stof terughalen en wat meer leren over het grote plaatje van stikstof in Nederland. Tijdens dit dagdeel wordt het basisthema van de dag samengevat als: stikstof is helemaal niet altijd een probleem, het is een “ingrediënt van het leven”. De chef kan dit heel inzichtelijk maken door te koken met stikstof, waarbij vloeibare stikstof gebruikt kan worden voor bevriezing van ingrediënten (zie Hoofdstuk 4.1, en Appendix B.1. longlist, 30). Op deze manier kunnen de deelnemers stikstof aan het eind van de dag nog fysiek zien. De chef kan uitleggen waar stikstof in de keuken voor gebruikt kan worden.

Daarnaast is de keuken een manier om het stikstofoverschot in Nederland visueel te maken (Appendix B.1. longlist, 30). Aan het eind van de maaltijd kan het groenafval verzameld en gepresenteerd worden. De keuken is dan Nederland, en het afval is “de stikstofdepositie”. Dat afval komt daar doordat er allerlei ingrediënten de keuken ingebracht zijn, waarvan niet alle ingrediënten in hun geheel in het eindproduct terechtkomen. De rest blijft dus achter in de keuken. De deelnemers kunnen hierna de link leggen met de stikstofsituatie in Nederland, waar heel veel stikstof binnenkomt doordat voer en kunstmest geïmporteerd wordt: maar niet alles komt in te producten terecht. Deelnemers kunnen ook in gesprek gaan over de beste oplossing: minder koken? Andere ingrediënten gebruiken? Zorgvuldiger met de ingrediënten omgaan? Regelmatig weggooien van het groenafval? Dit kan dan betrokken worden op verschillende manieren om met stikstofdepositie in Nederland om te gaan.

## *Afsluiting: inzetten plantenproefje*

Aan het einde van de dag wordt er een proefje ingezet waarbij iedereen zelf thuis planten laat groeien met en zonder een overmaat aan stikstof (Appendix B.1. longlist, nr. 14). De focus ligt hierbij op het inzichtelijk maken van verdringing door plantensoorten die sneller groeien als ze veel stikstof tot hun beschikking hebben. De deelnemers hoeven zelf thuis weinig aan dit proefje te doen, alleen af en toe water geven en op dag 3 de plantjes weer meenemen naar de les. Het

proefje ziet er globaal als volgt uit: elke deelnemer krijgt een aantal plantenpotjes mee en de zaden van twee verschillende plantjes, een plant die snel groeit (bij een hoge stikstofgift) en een plant die traag groeit. De deelnemers worden dan gestimuleerd om thuis een experimentje uit te voeren waarin verschillende groeicondities vergeleken worden, met de opties: de planten alleen of samen groeien, en een hoge of lage stikstofgift geven (via normale plantenvoeding). Door beide plantjes tegelijk in dezelfde pot toe te voegen, kan onderzocht worden welke plant de competitie wint. Door de experimentjes onderling te verdelen kunnen de deelnemers uiteindelijk samen een uitgebreid beeld krijgen van de effecten van stikstofgift en competitie op plantengroei.

## Dag 2: Biodiversiteit

Dag 2 zal voornamelijk in het teken staan van de effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit. De deelnemers gaan actief ervaren wat "biodiversiteit" en "natuur" betekent. 's Ochtends wordt dit belicht vanuit het perspectief van een boer; 's middags ligt de focus op natuurgebieden. Het doel van vandaag is om deelnemers een gevoel te geven van wat biodiversiteit betekent en hoe het te maken heeft met stikstof. Hoofdstuk 4.4 van het theoretisch kader staat vandaag dus centraal.

### *Globale dagopzet*

De globale indeling van de dag is als volgt:

- Introductie: herhaling lesstof dag 1
- Interactieve verwerking verschillende partijen in de stikstofproblematiek.
- Boerenbezoek
- Ecologie en biodiversiteit: bezoek natuurgebied
- Afsluiting

### *Locatie*

Dag 2 begint op het terrein van een ecologische boer (Appendix B.1. longlist, nr. 8c). Daarna gaan de deelnemers richting een natuurgebied waar een duidelijke gradiënt van stikstof te zien is of enorme tegenstellingen zichtbaar zijn (Appendix B.1. longlist, nr. 1). Hierdoor kunnen deelnemers verschillen waarnemen en leren te herkennen. Mogelijke locaties zijn de Schaapskooi op de Ginkelse Heide, of een sparrenbos op de Hoge Veluwe.

### *Introductie*

Deze dag wordt gestart met een werkvorm om de opgedane kennis van lesdag 1 weer op te halen. Dit kan door middel van verschillende werkvormen, bijvoorbeeld door *wie is het* te spelen met termen van de vorige les (Appendix B.1. longlist, 7). Daarna wordt er ook kort stilgestaan bij de ervaringen van de deelnemers, door te bespreken of deelnemers veel met het onderwerp bezig zijn geweest en of ze anders zijn gaan kijken naar het onderwerp (Appendix B.1. longlist, nr. 26).

### *Interactieve verwerking verschillende partijen in de stikstofcrisis*

Voordat de deelnemers in contact komen met de boer, richten we ons op het grotere plaatje van stikstofproblematiek in Nederland, en de betrokken partijen met verschillende belangen. Het doel is niet om een "goed" of "fout" te laten zien, of deelnemers een bepaalde richting op te laten denken; wel draait het erom ze aan het denken te zetten over de verschillende partijen die een rol spelen in de stikstofproblematiek. Daarom laten we deelnemers fysiek vorm geven aan deze verschillende partijen. Door middel van een soort rollenspel worden de deelnemers gestimuleerd om zich elk in een andere partij in te leven, en een fysieke houding ten opzichte van elkaar aan te nemen die daarbij past (Appendix B.1. longlist, nr. 23). Dit vormt een totaalbeeld wat gefotografeerd wordt, zodat er later op teruggeblikt kan worden.

### *Bezoek boer*

De deelnemers gaan 's ochtends op bezoek bij een ecologische boer (Appendix B.1. longlist, nr. 8c). Ze kunnen met diegene in gesprek gaan over wat stikstof, stikstofdepositie, biodiversiteit en natuur voor de boer betekent. Hierbij is dan ook een belangrijke vraag hoe de boer omgaat met stikstof op het bedrijf, en wat eventuele verschillen zijn met andere boeren. Het is belangrijk dat dit bezoek echt gaat om de ervaring van de boer zelf; het doel is niet om de impressie te geven dat alle boeren zo zouden moeten boeren. Het is dus handig als de boer van tevoren is ingelicht over het doel van het bezoek. Dan kan die zich voorbereiden en het verhaal toegankelijk maken voor alle deelnemers. Het is leuk en leerzaam als er daarnaast met de handen gewerkt kan worden: zo kunnen de deelnemers biodiversiteit tellen in de bodem, met een grondboor de bodem onderzoeken om te zien wat er onder de grond plaatsvindt, pH of nutriënten meten (Appendix B.1.

longlist, nr. 18). Als het een koeienboer betreft, kan voor de avontuurlijke deelnemers de uitstoot van ammoniak uit mest duidelijk gemaakt worden door te ruiken aan schoonmaakammoniak en dat te vergelijken met koeienmest gemengd met -urine (Appendix B.1. longlist, nr. 16).

### *Bezoek aangetast natuurgebied*

's Middags gaan deelnemers naar een natuurgebied waar ze aan de slag gaan met stikstofdepositie en biodiversiteit. Het natuurgebied laat idealiter extremen zien of een gradiënt van stikstofdepositie, zodat er duidelijke vergelijkingen getrokken kunnen worden (Appendix B.1. longlist, nr. 1). Een potentiële locatie is de Schaapskooi op de Ginkelse Heide. Hier is **vergrassing** van de heide te zien in meerdere fases: dicht bij de schaapskooi is de heide eigenlijk te omschrijven als een weiland, omdat het sterk begraasd wordt en veel schapenmest ontvangt. Iets verderop is de heide diverser, waar nog wel begraasd wordt maar minder intensief. Nog verderop is de heide weer sterk vergrast, omdat helemaal niet begraasd wordt en daardoor meer stikstof kan ophopen. Een alternatief is het vergelijken van verschillende graslanden, voor een inzichtelijk verschil tussen hoge en lage diversiteit. Door het vergelijken van een intensief beheerd weiland, een extensief beheerd weiland, en een hoog divers grasland zoals een blauwgrasland. Hier kunnen de deelnemers goed vergelijken hoeveel planten- en diersoorten er te vinden zijn in deze verschillende graslanden.

Tijdens deze middagles moeten er vooral veel voorbeelden aan bod komen, maar dat is ter invulling van de docent en zeer afhankelijk van het precieze gebied waar men naar toe gaat. In ieder geval moet het effect van verzuring en vermesting op de gehele voedselketen aan bod komen. Ook hier kunnen de deelnemers met hun handen bezig zijn. De vermesting of verzuring kan ervaren worden aan de hand van pH metingen in de bodem, het vergelijken van de dikte van strooisellagen in zure en minder zure bodem, en stikstof in de bodem aantonen met een chemische indicator (Appendix B.1. longlist, nr. 18). Biodiversiteit kan ervaren worden door de deelnemers de opdracht te geven soorten te tellen, in de bodem of op het land, en dit voor verschillende plekken te vergelijken (Appendix B.1. longlist, nr. 31). Daarnaast kunnen deelnemers zoekopdrachten krijgen voor het vinden van indicatorsoorten, zowel de verdringende soorten als de soorten die verdrongen worden. Een andere optie is om deelnemers tijdens de wandeling de opdracht te geven om een foto te maken van iets dat hen opvalt omtrent stikstof, biodiversiteit en natuur (indicatorsoort, monocultuur, iets wat ze als 'echt natuur' beschouwen). Dit kan na afloop met elkaar besproken worden.

### *Afsluiting*

Aan het einde van deze lesdag is er een afsluiting met een rondvraag over wat iedereen geleerd heeft. Hier wordt specifiek stilgestaan bij de betekenis van biodiversiteit voor de deelnemers zelf en voor andere partijen.

## **Dag 3: Herstelmogelijkheden**

Dag 3 is de afsluitende dag van deze module. Deze dag ligt de focus op het toekomstperspectief: hoe worden gebieden hersteld, en wat kun je zelf bijdragen? Hoofdstuk 4.5 van het theoretisch kader staat vandaag dus centraal. De deelnemers zullen dit zelf ervaren door herstelde natuurgebieden te bezoeken, en zelf praktisch aan de slag te gaan hiervoor.

### *Globale dagopzet*

De globale dagopzet voor deze dag is als volgt:

- Introductie: bespreking plantjes-experimenten, en ervaringen van deelnemers
- Herstelmogelijkheden: bezoek hersteld natuurgebied
- Zelf in actie
- Afsluiting

### *Introductie*

Deze dag wordt gestart door terug te kijken op het plantjes-experiment wat deelnemers thuis hebben uitgevoerd. De deelnemers nemen hun plantjes mee en proberen hun waarnemingen te verklaren aan de hand van leerstof uit eerdere lesdagen: hebben verdringende soorten het moeilijker gemaakt voor andere plantensoorten om te groeien? Vervolgens wordt er wederom

teruggeblikt op de eerdere lesdagen en de vraag hoe deelnemers met het onderwerp zijn bezig geweest.

### *Herstelmogelijkheden: bezoek herstelde natuurgebieden*

Om herstelmogelijkheden van biodiversiteit voor de deelnemers inzichtelijk te maken, gaan de deelnemers op bezoek naar een gebied waar de effecten van stikstofdepositie hersteld zijn. De deelnemers krijgen uitgelegd hoe dit herstel heeft plaatsgevonden. Een focus ligt op het zien dat verbetering mogelijk is, en genieten van de schoonheid van deze diverse natuur. Vervolgens kunnen de deelnemers hier zelf mee aan de slag door concrete voorbeelden te krijgen van soorten die teruggekomen zijn door het herstel, en die soorten te zoeken in het natuurgebied. Voorbeelden van herstelde gebieden zijn Luchterduinen, waar soortenrijk duingrasland hersteld is door afzetting van kalkrijk zand op een oude bodem<sup>1</sup>; of Korenburgerveen, waar hoogveen is hersteld door water vast te houden, maar ook door de bodem te verschromen door middel van afplagen<sup>2</sup>.

### *Handelingsperspectief: zelf in actie komen*

Voor deelnemers is het belangrijk om na deze module een visie te hebben van wat ze zelf kunnen doen om de effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit te verminderen. Om hier met hart en handen vorm aan te geven, is het interessant om de module af te sluiten met een actie waarbij iedereen de handen uit de mouwen steekt om bijvoorbeeld grassen te verwijderen op de heide, of brandnetels te plukken om soep van te maken (Appendix B.1. longlist, nr. 5). Er wordt dus naast het herstelgebied ook een gebied bezocht waar deelnemers praktisch aan de slag kunnen. Hiervoor kan iemand van een natuurbeschermings- of herstelorganisatie langskomen, die vertelt over hun bezigheden, en de deelnemers uitnodigt om zelf mee te doen aan zo'n herstelbezigheid.

### *Afsluiting*

Aan het einde van dag 3 wordt er een afsluitend gesprek gevoerd met de volgende onderwerpen: wat was het belangrijkste leerpunt van de module voor elke deelnemer, wat neemt iedereen hieruit mee zijn dagelijkse leven in, en wat zijn concrete dingen die we kunnen bedenken om te doen? Dit zorgt ervoor dat mensen niet met vragen blijven zitten en, indien ze dat willen, met de stikstofproblematiek aan de slag kunnen. Naast acties die deelnemers in hun eigen leven kunnen uitvoeren, is het ook waardevol om aandacht te vestigen op organisaties die met biodiversiteitsherstel bezig zijn. Deelnemers kunnen zich bijvoorbeeld aansluiten bij *citizen science* projecten of natuurbeschermingsorganisaties. Daarnaast kunnen ze voedsel inkopen bij een ecologische boer. Om ervoor te zorgen dat deelnemers af en toe nog een herinnering hebben aan de module, krijgen ze ook een factsheet mee naar huis (Appendix B.1. longlist, nr. 32). Hierop staan (leuke) feitjes over stikstof die ze na kunnen lezen en hen hopelijk betrokken houden bij het onderwerp.

---

<sup>1</sup> Zie <https://www.kwrwater.nl/projecten/herstel-van-droge-duingraslanden-na-stikstofdepositie/>

<sup>2</sup> Zie <https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/natuurherstel-korenburgerveen/projectbeschrijving>

Tabel 3. Overzicht van de koppeling van leerdoelen en onderdelen van de leermodule.

	Delen verwachtingen en vragen	Introductie stikstof	Stikstofkringloop	Bronnen stikstofdepositie	Verwerking partijen stikstofcrisis	Boerenbezoek	Bezoek natuurgebied	Plantjes-experiment voor thuis	Bezoek hersteld natuurgebied	Zelf in actie	Afsluiting	Reflectie-momenten	Uitdaging tot gesprek
	Dag 1				Dag 2			Dag 3			Algemeen		
Hoofddoel: begrip van stikstofdepositie		x	x	x			x	x	x				
Hoofddoel: bewustzijn complexiteit maatschappelijk debat	x			x	x	x	x				x	x	x
<i>leerdoelen hoofd</i>													
1: Algemeen begrip stikstof		x	x	x									
2: Begrip effecten stikstofdepositie op biodiversiteit							x	x	x	x			
3: Effecten herkennen in natuurgebieden							x		x	x			
4: Verbanden leggen tussen bronnen en effecten van stikstofdepositie				x			x						
5: Herstelmogelijkheden in eigen woorden uitleggen									x	x	x		
<i>leerdoelen hart</i>													
6: Bewustzijn eigen handelen	x				x					x		x	
7: Eigen waarden ten opzichte van biodiversiteit						x	x					x	
8: Inleven in perspectieven van belanghebbenden en ecosystemen			x		x	x	x					x	
9: Bewustzijn van gevoel, gesprek aangaan	x				x	x					x	x	x
10: Ruimte en veiligheid voor delen gevoelens en emoties	x										x		
<i>leerdoelen handen</i>													
11: Openstaan voor andere perspectieven over stikstof en biodiversiteit	x				x							x	x
12: Handelingsperspectief tonen op gebied van stikstofdepositie										x	x	x	

## 8. Discussie

Het advies voor de lesmodule is in het vorige hoofdstuk in detail besproken. Wij als NatuurWijzer hebben, naar onze professionele mening, de beste opties voor de lesmodule gekozen en uitgewerkt in de beschikbare tijd die we hadden. Dit hoofdstuk behandelt de beredenering achter de gemaakt beslissingen over de methodes in het project, want er zijn meerdere opties voor de invulling van deze lesmodule, zowel als inhoud als in les vormen. Verder zullen er in deze discussie suggesties voor vervolgonderzoek beschreven worden.

Onze leermodule is ontwikkeld als aanvulling op de modules van Natuuropleiding. Natuuropleiding heeft momenteel een jaaropleiding en verschillende losse modules: de wolf, mineralen, mensen, planten en dieren. In deze modules komt stikstof af en toe langs waaien, maar er wordt nooit echt diep op in gegaan. Gezien de maatschappelijke aandacht voor de stikstofcrisis en de grote impact op biodiversiteit, past een module over stikstofdepositie goed binnen het aanbod van Natuuropleiding. Buiten Natuuropleiding zijn er meerdere cursussen over stikstofdepositie beschikbaar, maar deze focussen vaak op wetgeving of zeer academisch leren. Een module waarin buiten leren met gebruik van hoofd, hart en handen centraal staat, is hier dus een waardevolle aanvulling op.

Er is een begin gemaakt met het opzetten van de leermodule. Hiervoor zijn wij gestart bij de volgende vragen: welke kennis over de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit willen we opnemen in de interactieve module? En: hoe kan de interactieve module de deelnemers aantrekkelijk en effectief kennis laten maken met de relatie tussen stikstofdepositie en biodiversiteit?

De eerste onderzoeksvraag hebben we beantwoord door literatuuronderzoek te doen (Hoofdstuk 4: theoretisch kader), expertgesprekken te voeren, en vier deelnemerinterviews af te nemen (Hoofdstuk 5: deelnemerinterviews). We zijn ons er van bewust dat het niet haalbaar is om alle informatie uit het theoretisch kader terug te laten komen in de module. Daarom is er aan het einde van elk onderwerp een kernboodschap toegevoegd die de essentie ervan weergeeft.

De tweede onderzoeksvraag hebben we ook beantwoord door literatuuronderzoek en expertgesprekken (Hoofdstuk 4.2: didactiek), gecombineerd met deelnemerinterviews (Hoofdstuk 5). Op basis van wat deelnemers interessante en leerzame lesmomenten vonden en didactische methodes uit (natuur-)educatie is onze visie opgesteld. Vanuit hier zijn de leerdoelen voor de gehele module ontwikkeld.

Het uiteindelijke advies (Hoofdstuk 7) is voortgekomen uit de leerdoelen, het theoretisch kader, expertgesprekken en brainstorm. Zoals in het proposal aangegeven, is het advies een opzet voor de module, maar nog niet kant en klaar. Dit betekent dat er originele ideeën in staan voor leslocaties, werkvormen en onderwerpen van dagen, maar dat er nog veel te schuiven en specificeren valt.

Tijdens het schrijven van het onderzoeksvoorstel zijn er keuzes gemaakt om minder aandacht te besteden aan bepaalde onderwerpen, in het kader van beschikbare tijd. Er is gekozen om te focussen op het theoretisch kader en het uitwerken van de algemene informatie over stikstof, voor een stevige theoretische basis. Hierbij is ervoor gekozen om punten over wetgeving, beleid en politieke discussies minder te belichten. Voor vervolgonderzoek zou het interessant kunnen zijn om dit deel wel erbij te betrekken. Een optie voor vervolgonderzoek is een persoon met kritische opvattingen over de stikstofproblematiek te betrekken bij het project. Hierbij dachten wij bijvoorbeeld aan een kritische boer die nadelige gevolgen voor zijn bedrijf heeft ervaren door de stikstofcrisis. Een andere optie is iemand die de stikstofproblemen ontkent. Gesprekken met deze personen laten een in ons project onderbelichte kant zien van de stikstofproblematiek. Deze gesprekken kunnen verhelderend zijn om de emotie van deze belanghebbenden beter te begrijpen en dit mee nemen in de module. Echter, is het wel van belang dat inhoud van de module behapbaar blijft voor de deelnemers. Als men besluit om dit onderdeel wel te betrekken bij vervolgonderzoek, dan raden wij aan om kritisch te kijken naar de hoeveelheid informatie die wordt behandeld tijdens de module. Wij zijn van mening dat de kwaliteit van de lesmodule boven de kwantiteit van de lesstof staat. Dit betekent dat er naast theorie vooral veel focus moet liggen



op leren systeemdenken, discussies voeren over stikstof en ook welke gevoelens dit onderwerp bij mensen oproept. Met de opzet van onze module willen wij een discussie voorkomen die de deelnemers kan polariseren en verwarren maar als er meer focus komt op wetgeving, beleid en politiek kan deze discussie ontstaan. De docent zal in deze situatie de discussie in goede banen moeten leiden en moet ervoor zorgen dat deelnemers zich veilig en comfortabel voelen om zich te uitten en de ander met respect behandelen.

Tijdens het project zijn er vier deelnemerinterviews afgenomen. Deze onderzoeksmethode was in dit project gelimiteerd door het aantal deelnemers. Desalniettemin konden er nuttige conclusies uit de gesprekken worden gehaald (zie Hoofdstuk 5.2). Voor verder onderzoek zou het zinvol zijn om de interviews uit te breiden. Hierbij kan men denken aan: meer mensen interviewen, en een bredere onderzoeksgroep interviewen (bijv. potentiële deelnemers van de lesmodules van Natuuropleiding). Hierdoor kan je de module nog beter afstemmen op de doelgroep en wellicht ook andere doelgroepen (potentiële deelnemers) erbij betrekken.

Voor het advies van de lesmodule zijn wij van mening zijn dat de lesstof het beste over meerdere lesdagen verspreid kan worden. Dit heeft te maken met de lesmethodes die reflectie en herhaling vereisen. Het is echter mogelijk dat dit niet binnen de jaaropleiding van Natuuropleiding past, of op andere manieren niet wenselijk is. Een alternatief zou een eendaagse module kunnen zijn. Als er wordt gekozen voor dit alternatief zal er wel meer onderzoek nodig zijn om te kijken hoe de leerdoelen van de module in één dag behaald kunnen worden. Wij adviseren wel om in dat geval de elementen in te korten in plaats van te schrappen. De huidige opzet raakt alles wat wij belangrijk vinden en wij zouden die dan ook graag terugzien in de module.

Een limitatie aan onze leermodule is dat de onderdelen voor een groot deel didactisch van aard zijn, met een focus op kennis en begrip bij de deelnemers brengen. Dit terwijl we ook juist veel aandacht willen besteden aan ruimte voor emoties bij de deelnemers, om bewustzijn en betrokkenheid te creëren. Daar zijn ook enkele onderdelen aan gekoppeld, maar wij geloven dat een groot deel van het behalen van dit doel ook ontstaat tussen de lesonderdelen door: als de deelnemers zelf met elkaar in gesprek kunnen met dit onderdeel. Dit sluit aan bij onze ervaringen toen we lesdagen van Natuuropleiding meeliepen: de deelnemers gingen vaak uit zichzelf met elkaar in gesprek over het onderwerp van de dag. Het is hiervoor echter van groot belang dat de deelnemers zich veilig voelen, en ook dat de docent hier ruimte voor biedt. Dit is een punt van aandacht bij het kiezen van docenten voor deze module.

Tenslotte, hoewel leerstijlen veelvuldig onderzocht zijn en er meerdere theorieën over geformuleerd zijn, is er nog geen wetenschappelijk bewijs dat ze te onderscheiden zijn (Coffield et al., 2004) (Newton, 2015). We hebben ze opgenomen in het theoretisch kader, omdat er in de praktijk (regelmatig) mee gewerkt wordt en een prettig houvast kan zijn voor docenten.

## Vervolgstappen

Ons project biedt een startpunt voor het ontwikkelen van de leermodule over stikstof. Ons adviesrapport heeft zich voornamelijk gefocust op de theorie die nodig is voor het invullen van een lesmodule en het in kaart brengen van de voorkennis van deelnemers. Vanaf dit startpunt kan verder gewerkt worden om de module in de praktijk mogelijk te maken. We raden in eerste instantie aan om onze ideeën en suggesties in de praktijk uit te testen, en verder praktisch uit te werken. We hebben veel adviezen geleverd voor lesonderdelen (zie Appendix B – longlist activiteit), maar veel van de lesonderdelen zijn nog niet volledig uitgewerkt. Daarnaast zijn veel van de proefjes nog niet in de praktijk getest. Voordat de module aan het publiek wordt aangeboden, is het dus wijs om nog wel te testen of het praktisch haalbaar is. Denk bijvoorbeeld aan het thuisexperiment met planten. Hetzelfde geldt voor de potentiële leslocaties (zie Appendix B – longlist locaties), die wij grotendeels zelf niet hebben kunnen bezoeken. Het merendeel van deze locaties kan in vervolgonderzoek bezocht worden om te checken of het daadwerkelijk een geschikte locatie is voor de module.

Naast het verder uitwerken van de ideeën, raden we aan om ons advies te evalueren samen met experts en/of potentiële deelnemers. Dit helpt om het advies te verscherpen. Beide groepen hebben wij uitvoerig geraadpleegd voorafgaand aan het opstellen van ons advies, maar er was gelimiteerde ruimte om ook na afloop nog te reflecteren. Een waardevolle toevoeging hierbij is om heel bewust aandacht te besteden aan ruimte voor reflectie.



Latere interessante vervolgstappen kunnen zijn om de module aan te passen voor een ander publiek. Zo zou de module bijvoorbeeld ook gebruikt kunnen worden voor leerlingen van basisscholen of middelbare scholen. Dan kan dezelfde globale opzet gebruikt worden, maar wellicht wel met een ander instapniveau voor de theorie.



## 9. Begrippenlijst

**Aeroob** Zuurstofrijk

**Amino-zuren** Bouwstenen voor eiwitten

**Ammonia** Oplossing van ammoniak in water.

**Ammoniak**  $\text{NH}_3$ ; bij kamertemperatuur een gas; stikstofverbinding met waterstof.

**Ammonificatie** Omzetting van ureum naar ammoniak.

**Ammonium**  $\text{NH}_4^+$ ; bij kamertemperatuur een gas; stikstofverbinding met waterstof.

**Anaerobe** Zuurstofarm

**Baggeren** Weghalen van bodemlagen in het water om het op te schonen.

**Basisch** Tegenovergestelde van zuur. Hoge pH-waarde/zuurgraad. Bijvoorbeeld, zeep is basisch.

**Begrazen** Vee laten grazen in een gebied (om het zonder machines te kunnen beheren).

**Biodiversiteit** Soortenrijkdom; veel verschillende soorten en hun aantallen

**Buffercapaciteit** De mate waarin een bodem een constante zuurgraad (pH) heeft als er zure of basische stoffen worden toegevoegd.

**Bulten** Hoogste gedeelte van hoogveen

**Cerebellum** Gedeelte in de hersenen waar beweging gecoördineerd wordt. Ook ondersteunt het reflexen, aandacht, taal en emoties.

**Chlorofyl** Bladgroen, legt zonne-energie vast in plantmateriaal.

**Chopperen** Verdiept maaien, waarbij de planten en een deel van de bovenste laag (tot 4cm) van de bodem verwijderd worden.

**Cognitieve leerdomein** Het deel van leren waarbij je cognitieve functies in het brein nodig hebt. Deze functies zijn: intelligentie, geheugen, aandacht en concentratie, snelheid van informatieverwerking, planningsvaardigheden, sociale cognitie, taal en probleemoplossend vermogen

**Cryotherapie** Bevriezen van de huid voor het verwijderen van huidafwijkingen of blootstellen aan koude lucht ter bevordering van de gezondheid.

**Deammonificerende bacteriën** Bacteriën zetten ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitriet ( $\text{NO}_2^-$ ) om in stikstofgas ( $\text{N}_2$ ) en zuurstof ( $\text{H}_2\text{O}$ )

**Denitrificatie** Nitraat wordt omgezet tot stikstofgas.

**DNA** Macromolecuul; drager van de erfelijke informatie, aanwezig in elke cel.

**Droge depositie** Neerslaan van stikstof op de bodem uit de lucht.

**Ecosysteemdiensten** Een 'dienst' die door een gezond ecosysteem aan mensen wordt 'geleverd'. Denk aan bestuiving, luchtfiltratie en waterzuivering.

**Fijnstof** Een mengsel van vaste deeltjes in de lucht die kleiner zijn dan 10 micrometer.

**Genetische diversiteit** Verschillen in erfelijke informatie binnen en tussen soorten.

**Habitat** Mogelijke leefomgeving van organismen, waarin de omstandigheden geschikt zijn.

**Holistisch** Kijken naar het geheel. De overtuiging dat een deel van iets niet genoeg is om conclusies te trekken.

**Hoogovens** Een installatie waarin koolstof en ijzererts gemengd en gesmolten worden om ijzer te produceren.

**Hoogveen** Veen dat (hoge) bulten vormt en hierdoor alleen gevoed wordt door regenwater.

**Humusrijke toplaag** Bovenste laag van de bodem met afgebroken plantmateriaal die rijk is aan voedingsstoffen.

**H<sup>+</sup>-ionen** De deeltjes die zorgen voor de zuurgraad van een bodem. Ook wel een proton genoemd. Hoe meer H<sup>+</sup>-ionen in de bodem zitten, hoe lager de pH, dus hoe zuurder de bodem.

**Indicatorsoorten** Soorten die een indicatie zijn voor een bepaalde eigenschap of (planten)samenstelling in een gebied. Aan- of afwezigheid geeft informatie toestand van de natuur en het milieu.

**Interpersoonlijk** Communicatie en uitwisseling tussen twee of meer mensen.

**Intrapersoonlijk** Het vermogen om te denken, te reflecteren en daarop beslissingen te baseren.

**Kalkgrasland** Voedselarme graslanden op kalkrijke bodem.

**Krachtvoer** Diervoer met een hoge energiewaarde, weinig vezels en makkelijk verteerbaar voor vee.

**Kritische depositiewaarde (KDW)** Grens om aan te geven hoeveel stikstofdepositie de kwaliteit van de leefomgeving aantast door verzuring en/of vermesting.

**Mestaanwending** Mest verspreiden over het land.



**Natte depositie** Neerslaan van stikstof opgelost in neerslag.

**Emissie** Uitstoot

**Natura 2000-gebied** Een beschermd natuurgebied onderdeel van een Europees netwerk, opgezet om bedreigde dier- en plantensoorten die daar voorkomen te behouden en beschermen.

**Neutraliseren** pH-waarde omhoog of omlaag brengen. Vaak in het geval van verzuring, dan omhoog richting 7.

**Nitraat**  $\text{NO}_3^-$  Verbinding tussen stikstof en zuurstofatomen. Opgelost in water.

**Nitriet**  $\text{NO}_2^-$ ; Verbinding tussen stikstof en zuurstofatomen. Omgezet uit ammoniak onder zuurstofrijke omstandigheden.

**Ondergroei** Alle begroeiing onder de bomenlaag. Denk aan struiken, mos en lage planten.

**Organische stof** Afgestorven organisch materiaal op de bodem, afkomstig van planten.

**pH** Zuurgraad van de bodem. Schaal van 1-14 (zuur-basisch). Kraanwater heeft een pH van +- 7 en is neutraal.

**Plaggen** Verwijderen van de bovenste bodemlaag met planten en wortels, hier hoopt stikstof hoofdzakelijk op.

**Plantengemeenschappen** Karakteristieke samenstelling van planten, die vaak samen voorkomen en elkaar aanvullen.

**Slenken** Laagste gedeelte van hoogveen.

**Pionierssoorten** Eerste soorten die vestigen tijdens successie. Groeien in op voedselarme omstandigheden.

**Sliblaag** Modderige grond die achterblijft nadat water langzamer is gaan stromen of stilstaat.

**Stikstofassimilatie** Vastleggen en gebruiken van ammonium en nitraten voor groei van planten.

**Stikstofdepositie** Neerslaan van ammoniak en stikstofoxiden uit de lucht op de grond.

**Stikstofdioxide**  $\text{NO}_2$ ; gas; verbindingen van stikstof en zuurstof.

**Stikstoffixatie** Stikstofgas wordt omgezet tot een opneembare vorm voor planten: ammonium.

**Stikstofmonoxide**  $\text{NO}$ ; gas; verbinding van stikstof en zuurstof.

**Stikstofoxiden**  $\text{NO}_x$ ; Algemene benaming voor stikstofmono- en dioxide.

**Stikstofkringloop** Kringloop waarin stikstof wordt omgezet uit de lucht, planten, bodem en biomassa.

**Strooisellaag** De laag die vormt op de bodem (meestal bos) met alle gevallen bladeren en afgestorven plantmateriaal. Wordt afgebroken door bodemleven.

**Successie** Voortgang van ene plantensamenstelling naar de andere, vaak in een vaste volgorde. De vroege successie soorten kunnen beter met voedselarme omstandigheden omgaan.

**Uitspoeling** Voedingsstoffen (met name stikstof) worden door het regenwater van de grond meegenomen en weggevoerd.

**Ureum**  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ; afvalproduct na het afbreken van eiwitten.

**Veerkrachtige natuur** Natuur die om kan gaan met verstoringen zonder te veranderen.

**Vergrassen** Snelgroeiende grassen nemen de overhand ten koste van de oorspronkelijke planten.

**Vermesting / eutrofiëring** Teveel voedingsstoffen in de bodem.

**Verruiging** Meerjarige grote planten en struiken nemen toe ten koste van eenjarige lage kruiden. Bijvoorbeeld bramen en brandnetel.

**Verschraling** Verminderen van voedingsstoffen in de bodem.

**Vervluchtiging** In de lucht opgaan van een vaste stof naar gas.

**Verzuring** De bodem wordt zuurder. Lagere pH.

**Vitaal systeem** Ecosysteem dat stabiel is. Het aantal soorten planten en dieren dat aanwezig is, blijft gelijk.

**Waterhuishouding** Hoe water in een bepaald (natuur)gebied wordt opgenomen, zich verplaatst, welke voedingsstoffen het meeneemt etc.

**Dempsen (van sloten)** Ondieper maken/dichtgooien van water.

**Wegconcurreren** Een soort groeit zo goed dat het andere soorten verdringt.

**Werkgeheugen capaciteit** De mate waarin belangrijk informatie voor een specifieke taak in de hersenen opgeslagen en uitgevoerd kan worden.

**Wet Natuurbescherming** De wet om biodiversiteit te behouden en te versterken. Natuur moet beschermd worden en mag niet beschadigd worden.

**Wortelknolletjes** Verdikkingen in de wortels van planten waar stikstof fixerende bacteriën leven.

**Zeoliet** Mineraal met een groot absorberend vermogen. Kan stikstof binden. Het wordt onder andere gebruikt in kattenbakvulling.



# Referenties

## 1. Inleiding

- Bobbink, R. et al. (2021). *Herstelbaarheid van door stikstofdepositie aangetaste Natura 2000-habitattypen: een overzicht*. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Bobbink, R., Hicks K., Galloway, J. et al. (2010). *Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis*. *Ecological Applications* 20, 30-59.
- Boezeman, D., Vink, M. & Van Hinsberg, D. (2023), *Stikstof- en natuuraanpak in Nederland: feiten, cijfers en consequenties voor de uitvoering van beleid*. In: H Schoukens (red.) *De stikstofcrisis in de Lage Landen nader ontleed: richtlijnen voor een duurzame transitie* (pp. 111-141), Brugge: Die Keure.
- Canfield, D. E. et al. (2010). *The Evolution and Future of Earth's Nitrogen Cycle*. *Science* 330,192-196. DOI:10.1126/science.1186120
- Fazey, I., Fazey, J., Salisbury, J., Lindenmayer, D., & Dovers, S. (2006). *The nature and role of experiential knowledge for environmental conservation*. *Environmental Conservation*, 33(1), 1-10. doi:10.1017/S037689290600275X
- NIPV (2022). *Boerenprotesten in de zomer van 2022. Een analyse van operationele en bestuurlijke dilemma's*. Arnhem: Nederlands Instituut Publieke Veiligheid.
- PBL (2021). *Naar een uitweg uit de stikstofcrisis. Overwegingen bij een integrale, effectieve en juridisch houdbare aanpak*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Remkes, J., *Wat wel kan. Uit de impasse en een aanzet voor perspectief*, 2022, Den Haag, p. 11.
- RIVM. (z.d.). *Stikstof*. Geraadpleegd op 6 november 2023, van <https://www.rivm.nl/stikstof>
- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D., & Kirschner, P. A. (2019). *Wijze lessen: twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. (1 redactie) Ten Brink Uitgevers. <https://www.ou.nl/web/wijze-lessen>
- Van Doorn, R (2021). *Communicatiewetenschap kan polarisatie in stikstofdebat oplossen*. Geraadpleegd op 13 november 2023, van <https://www.scienceguide.nl/2021/05/communicatiewetenschap-kan-polarisatie-in-stikstofdebat-oplossen/>
- Wamelink, G., Mol-Dijkstra, J., Reinds, G., Voogd, J., Bonten, L., Posch, M., Hennekens, S., & De Vries, W. (2020). *Prediction of plant species occurrence as affected by nitrogen deposition and climate change on a European scale*. *Environmental Pollution*, 266, 115257. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115257>

### 4.1.1 Stikstof in het algemeen

- Ammoniak. (z.d.). WUR. <https://www.wur.nl/nl/dossiers/dossier/ammoniak-1.htm>
- Banfi, G., Lombardi, G., Colombini, A., & Melegati, G. (2010). Whole-Body cryotherapy in athletes. *Sports Medicine*, 40(6), 509–517. <https://doi.org/10.2165/11531940-000000000-00000>
- Cryotherapie | LUMC. (z.d.). <https://www.lumc.nl/over-het-lumc/afdelingen/huidziekten/diagnoses-en-behandelingen/cryotherapie/>
- Cui, Y., Zhang, L., Zhang, C., Li, R., & Li, F. (2021). Stress analysis of shrink fitting process of ultra-thin reactor coolant pump rotor-CaN. *Annals of Nuclear Energy*, 162, 108492. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2021.108492>
- Eiwitrijke voeding. (z.d.). Radboudumc. <https://www.radboudumc.nl/afdelingen/maag-darm-en-leverziekten/onze-onderdelen/dietetiek/meer-informatie/voedings-en-dieetadviezen/voeding-bij-spierziekten-en-vermoeidheid/voedingsadviezen/eitwitrijke-voeding>
- Hall, R. (1976). Liquid nitrogen shrink-fitting of engineering components. *New Zealand Engineering*, 31(3), 83–86. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.976232558089097>
- Myhrvold, N., & Gibbs, W. W. (2013, 25 augustus). Cryogenic cooking. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/cryogenic-cooking/>
- natuurdietisten.nl. (2023, 14 maart). Regulatie van je stikstofoxide(NO). [https://www.natuurdietisten.nl/regulatie-van-je-stikstofoxide/#:~:text=Stikstofoxide%20\(NO\)%20is%20een%20stof,de%20celcommunicatie%20tussen%20hersencellen%20onderling](https://www.natuurdietisten.nl/regulatie-van-je-stikstofoxide/#:~:text=Stikstofoxide%20(NO)%20is%20een%20stof,de%20celcommunicatie%20tussen%20hersencellen%20onderling)



Schoenmakers Bandenservice. (2022, 21 september). Stikstof - bandenserviceschoenmakers. Bandenserviceschoenmakers. <https://www.bandenserviceschoenmakers.nl/banden/stikstof-vulling/>

Stikstof | RIVM. (z.d.). <https://www.rivm.nl/stikstof>

Stikstof - stikstofoxiden (NOx). (z.d.). RIVM. <https://www.rivm.nl/stikstof/stikstofoxiden-nox>

Toepassingen van stikstofgas | Omega Air – perslucht en gas behandeling. (z.d.). <https://www.omega-air.nl/nieuws/nieuws/toepassingen-van-stikstofgas>

Voedingscentrum. (z.d.). E-nummers. <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/e-nummers.aspx>

#### 4.1.2 Stikstofkringloop

Aanpakken, I. (z.d.). Ammoniak. Integraal aanpakken. Geraadpleegd op 12 december 2023, van <https://integraalaanpakken.nl/ammoniak>

Ammoniak. (z.d.). Samen meten aan luchtkwaliteit. Geraadpleegd op 28 november 2023, van <https://samenmeten.nl/stoffen/ammoniak>

ANAMMOX. (z.d.). paques. Geraadpleegd op 23 november 2023, van <https://nl.paques.nl/products-nl/featured/anammox>

Cabello, P., Roldán, M. D., Castillo, F., & Moreno-Vivián, C. (2009). Nitrogen cycle. In *Elsevier eBooks* (pp. 299–321). <https://doi.org/10.1016/b978-012373944-5.00055-9>

De stikstofkringloop. (z.d.). mrchadd. Geraadpleegd op 28 november 2023, van <https://www.mrchadd.nl/academy/vakken/biologie/de-stikstofkringloop>

Hawkes, C. V., DeAngelis, K. M., & Firestone, M. K. (2007). Root interactions with soil microbial communities and processes. In *Elsevier eBooks* (pp. 1–29). <https://doi.org/10.1016/b978-012088775-0/50003-3>

Hooijboer, A. (2021). *De mate van nitraatuitspoeling naar het grondwater wordt voor een groot gedeelte bepaald door grondsoort en gewas*. RIVM. Geraadpleegd op 24 november 2023, van <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/nieuwsbrieven/mate-van-nitraatuitspoeling-naar-grondwater-wordt-voor-groot-gedeelte-bepaald-door-grondsoort-en>

Fujita, Y., & Uesaka, K. (2022). Nitrogen fixation in cyanobacteria. In *Elsevier eBooks* (pp. 29–45). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-96106-6.00007-1>

Johnson, C., Albrecht, G., Ketterings, Q., Beckman, J., Stockin, K. (2005). *Nitrogen Basics – The Nitrogen Cycle* [fact sheet]. Cornell University Cooperative Extension. [https://cceonondaga.org/resources/nitrogen-basics-the-nitrogen-cycle#:~:text=Volatilization%20is%20the%20loss%20of,\(e.g.%20hot%20and%20windy\).](https://cceonondaga.org/resources/nitrogen-basics-the-nitrogen-cycle#:~:text=Volatilization%20is%20the%20loss%20of,(e.g.%20hot%20and%20windy).)

Nitrogen Assimilation | *Biology*. (z.d.). Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/nitrogen-assimilation>

Pearson, J., & Stewart, G. R. (1993). The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. *New Phytologist*, 125(2), 283–305. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1993.tb03882.x>

Romillac, N. (2019). Ammonification. In *Elsevier eBooks* (pp. 256–263). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.10889-9>

Sharma, R. P., Salwan, R., & Sharma, V. (2023). Biology of nitrogen fixation in Frankia. In *Elsevier eBooks* (pp. 271–281). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91734-6.00016-8>

Sprent, J. I. (2005). NITROGEN IN SOILS | Symbiotic fixation. In *Elsevier eBooks* (pp. 46–56). <https://doi.org/10.1016/b0-12-348530-4/00457-4>

Stikstof. (z.d.). rivm. Geraadpleegd op 24 november 2023, van <https://www.rivm.nl/stikstof>

Stikstof - stikstofoxiden (NOx). (z.d.). RIVM. <https://www.rivm.nl/stikstof/stikstofoxiden-nox>

The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2023, 7 november). *Nitrogen Cycle | Definition & Steps*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/nitrogen-cycle>

#### 4.1.3 Bronnen van stikstofdepositie in Nederland

Bremmer, B., I. Huisman, F. Toemen, H.H. Ellen, J. van Harn, H.J. van Dooren, I. de Jonge, F. Stouthart, N.W.M. Ogink, 2022. *Verbetering van effectiviteit emissiearme stalsystemen in de praktijk: inventarisatie, analyse kritische factoren en advies voor verbetering van toepassing van ammoniak reducerende technieken*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1380.



- CBS (2021). *Nederland in cijfers 2021: Hoeveel landbouwdieren telt ons land?* Geraadpleegd op 21 november 2023, van: <https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2021/hoeveel-landbouwdieren-telt-ons-land/>
- CBS (2022b). *Stikstofoverschot landbouw in 2020 iets toegenomen*. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag. Geraadpleegd op 21-11-2023 van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/04/stikstofoverschot-landbouw-in-2020-iets-toegenomen>.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2022). *Stikstofdepositie, 1990-2020* (indicator 0189, versie 19 , 8 juni 2022). [www.clo.nl](http://www.clo.nl). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2023a). *Herkomst stikstofdepositie, 2021* (indicator 0507, versie 13, 27 januari 2023). [www.clo.nl](http://www.clo.nl). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2023b). *Grootschalige luchtverontreiniging de "National Emission Ceilings": emissies, 1990 - 2021* (indicator 0183, versie 28 , 14 februari 2023). [www.clo.nl](http://www.clo.nl). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- Eurostat (2023). *Livestock density index*. Geraadpleegd op 21-11-2023 via <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tai09/default/bar?lang=en>
- Het Comité. *Dutch Trade in Grains, Seeds and Pulses*; Royal Dutch Grain and Feed Trade Association Het Comité: Zoetermeer, The Netherlands, 2019.
- LNV (2022). *Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering 2022-2035*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Publicatie-nr 20221122.
- M. Mencaroni, N. Dal Ferro, J. Furlanetto, M. Longo, B. Lazzaro, L. Sartori, B.B. Grant, W.N. Smith, F. Morari (2021). *Identifying N fertilizer management strategies to reduce ammonia volatilization: Towards a site-specific approach*. Journal of Environmental Management, Volume 277, 2021, 111445, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111445>.
- Nevedi. *Grondstoffenwijzer; Diervoeders Voor Een Circulaire Voedselproductie*; 3rd ed.; Nederlandse Vereniging Diervoederindustrie (Nevedi): Rijswijk, The Netherlands, 2019.
- RIVM (2022). Auteurs: Hoogerbrugge, R., Geilenkirchen, G.P., Hazelhorst, S. den Hollander, H.A., Huitema, M., Marra, W., Siteur, K., de Vries, W.J. & Wichink Kruit, R.J. *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland*. Rapportage 2022. Rapport 2022-0059, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- S.G Sommer, N.J Hutchings (2001). *Ammonia emission from field applied manure and its reduction—invited paper*. European Journal of Agronomy, Volume 15, Issue 1, 2001, Pages 1-15, ISSN 1161-0301, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00112-5).
- TNO (2019). *Factsheet emissies en depositie van stikstof in Nederland update 2022*. Publicatie oktober 2019, update augustus 2022. Den Haag, TNO identifier 869507.
- van der Maas, C. W. M., Jones, P. H. A. J., Westerhoff, P. W., Hazelhorst, S. B., & Roest, D. G. C. (2021). *Bijdrage aan de stikstofdepositie in de natuur vanuit de industrie, het verkeer en de consumenten*.

#### 4.1.4 Effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit

- Bardgett, R., van der Putten, W. *Belowground biodiversity and ecosystem functioning*. *Nature* **515**, 505–511 (2014). <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Bobbink, R., Hornung, M. and Roelofs, J. G. M. (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology*, 86, 717–738.
- Bobbink, R., G. van Dijk, E. Remke & H. Tomassen (2022). *Herstelbaarheid van door stikstofdepositie aangetaste Natura 2000-habitattypen: een overzicht*. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer RP-21.117.21.95.
- Bowman, W. D., Cleveland, C. C., Halada, L., Hreško, J. & Baron, J. S. (2008). *Negative impact of nitrogen deposition on soil buffering capacity*. *Nat. Geosci.* 1, 767–770. <https://doi.org/10.1038/ngeo339> (2008).
- Convention on Biological Diversity (CBD) ( 1992 ). Text of the Convention on Biological Diversity . <http://www.cbd.int/convention/>



- CBS, PBL, RIVM, WUR (2013). *Vermesting en verzuring: oorzaken en effecten* (indicator 0178, versie 08, 12 juni 2013). [www.clo.nl](http://www.clo.nl). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2016). *Verlies natuurlijkheid in Nederland, Europa en de wereld* (indicator 1440, versie 03, 10 juni 2016). [www.clo.nl](http://www.clo.nl). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2023). *Overschrijding van kritische depositiewaarde in Natura 2000-gebieden 2005-2021* (indicator 0626, versie 01, 7 juni 2023). [www.clo.nl](http://www.clo.nl). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- de Vries, W. (2008). *Verzuring: oorzaken, effecten, kritische belastingen en monitoring van de gevolgen van ingezet beleid* (No. 1699). Alterra.
- Dise NB, Ashmore MR, Belyazid S, et al. (2011). *Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity*. In: The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dobben van, H.F., R. Bobbink, D. Bal & A. van Hinsberg, A. (2012) *Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000*. Rapport 2397, Alterra. Wageningen.
- Duelli, P. and M. K. Obrist (2003). *Biodiversity indicators: the choice of values and measures*. Agriculture, Ecosystems & Environment 98(1): 87-98.
- Ecopedia. *Indicatorsoort*. Geraadpleegd op 29-11-2023, van: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/indicatorsoort>
- Erisman JW, Galloway JN, Seitzinger S, et al. (2013). *Consequences of human modification of the global nitrogen cycle*. Philos T Roy Soc B 368: 20130116.
- Graveland, J., R. Van der Wal, H. Van Balen, A.J. Van Noordwijk (1994). Poor reproduction in forest passerines from decline of snail abundance on acidified soils. *Nature*, 368 (1994), pp. 446-448.
- Horswill P, O'Sullivan O, Phoenix GK, Lee JA, Leake JR (2008). Base cation depletion, eutrophication and acidification of species-rich grasslands in response to long-term simulated nitrogen deposition. *Environ Pollut*. 2008 Sep; 155(2):336-49. doi:10.1016/j.envpol.2007.11.006
- Isbell, F., Balvanera, P., Mori, A. S., He, J. S., Bullock, J. M., Regmi, G. R., Seabloom, E. W., Ferrier, S., Sala, O. E., & Guerrero-Ramírez, N. R. (2023). Expert perspectives on global biodiversity loss and its drivers and impacts on people. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21(2), 94-103.
- Lamarque J-F, Dentener F, McConnell J, et al. (2013). Multi-model mean nitrogen and sulfur deposition from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP): evaluation of historical and projected changes. *Atmos Chem Phys* **13**: 7997–8018.
- Maskell LC, Smart SM, Bullock JM, et al. (2010). Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats. *Glob Change Biol* **16**: 671–79.
- Payne RJ, Dise NB, Stevens CJ, et al. (2013). Impact of nitrogen deposition at the species level. *P Natl Acad Sci USA* **110**: 984–87.
- Payne, R. J., Dise, N. B., Field, C. D., Dore, A. J., Caporn, S. J., & Stevens, C. J. (2017). *Nitrogen deposition and plant biodiversity: past, present, and future*. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(8), 431-436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fee.1528>
- van Breemen, N., & van Dijk, H. F. G. (1988). *Ecosystem effects of atmospheric deposition of nitrogen in The Netherlands*. *Environmental Pollution*, 54(3), 249-274. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0269-7491\(88\)90115-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0269-7491(88)90115-7)
- Wallace, K. J. (2007). *Classification of ecosystem services: Problems and solutions*. *Biological Conservation*, 139(3), 235-246. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.015>
- Wamelink, G., Goedhart, P., Roelofsen, H., Bobbink, R., Posch, M., & Van Dobben, H. (2021). *Relaties tussen de hoeveelheid stikstofdepositie en de kwaliteit van habitattypen*. <https://doi.org/10.18174/547752>
- Wamelink, G., Mol-Dijkstra, J., Reinds, G., Voogd, J., Bonten, L., Posch, M., Hennekens, S., & De Vries, W. (2020). *Prediction of plant species occurrence as affected by nitrogen deposition and*



*climate change on a European scale*. Environmental Pollution, 266, 115257.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115257>

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*.

#### 4.1.5 Toekomstperspectief

Aggenbach, C.J.S., Kooijman, A.M., Bartholomeus, R.P. & Fujita, Y. (2013) Herstelbaarheid van droge duingraslanden in relatie tot accumulatie van organisch stof en stikstof in de bodem. KWR, Nieuwegein. Rapportnummer: KWR 2013.028

Bakker, J. P. (1989). Nature Management by Grazing and Cutting: On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands. (Geobotany; No. 14). Kluwer. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-2255-6>

Berendse, F. (1990) Organic-matter accumulation and nitrogen mineralization during secondary succession in heathland ecosystems. J. Ecol. 78: 413–427.

Berendse, F., Geerts, R., Elberse, W., Bezemer, T. M., Goedhart, P., Xue, W., Noordijk, E., Ter Braak, C. J. F., & Korevaar, H. (2021) A matter of time: Recovery of plant species diversity in wild plant communities at declining nitrogen deposition. Diversity and Distributions, 27(7), 1180–1193. <https://doi.org/10.1111/ddi.13266>

Beltman, B., Van den Broek, T., Barendregt, A., Bootsma, M. C. & Grootjans, A. P. (2001) Rehabilitation of acidified and eutrophied fens in The Netherlands: Effects of hydrologic manipulation and liming. Ecol. Eng. 17: 21–31.

Bobbink, R. (2021). Effecten van stikstofdepositie nu en in 2030: een analyse. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer RP-20.135.21.35

Bobbink, R., G. van Dijk, E. Remke & H. Tomassen (2022). Herstelbaarheid van door stikstofdepositie aangetaste Natura 2000-habitattypen: een overzicht. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer RP-21.117.21.95.

Bootsma, M. C., Van den Broek, T., Barendregt, A. & Beltman, B. (2002) Rehabilitation of acidified floating fens by addition of buffered surface water. Restor. Ecol. 10: 112–121.

BIJ12, (2021). Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000 (versie 18052021). Source: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/monitoring-en-natuurinformatie/>

Dorland, E., van den Berg, L.J.L., van de Berg, A.J. et al. (2004) The effects of sod cutting and additional liming on potential net nitrification in heathland soils. Plant Soil 265, 267–277. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-0363-3>

Dorland, E., Van Den Berg, L.J.L., Brouwer, E., Roelofs, J.G.M. and Bobbink, R. (2005) Catchment Liming to Restore Degraded, Acidified Heathlands and Moorland Pools. Restoration Ecology, 13: 302–311. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00038.x>

De Leeuw, C.C., van Til, M., Aggenbach, C.J.S. & Arens, S.M. (2019) Kleinschalige verstuiwing voor herstel van Grijs duinen. OBN Deskundigenteam Duin- en Kustlandschap. KNNV Uitgeverij, Zeist. OBN/VBNE, Driebergen.

Jansen, A., Bouma, J., de Meij, T., Vegter, U. & Wallis de Vries, M. (red.), 2020. Droogte ingrijpend voor natuur in hoog Nederland. OBN Deskundigenteams Nat zandlandschap en Beekdalen. KNNV Publishing, Zeist. OBN/VBNE, Driebergen.

Jansen, A.J.M., J.H.J. Schaminée, R. Bobbink, N.A.C. Smits, J.J. Vogels & H. Weersink (2014) Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Herstelstrategieën. Deel I Hoofdstuk 3 Herstelmaatregelen (update 2020).

<https://www.natura2000.nl/hulpmiddelen/herstelstrategieen>

Klimaatadaptatie Nederland, (z.d.) Wat zijn de gevolgen van toenemende droogte?

<https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/droogte/gevolgen-toenemende-droogte/>

Klimkowska, A., van Dobben, H., Keizer-Vlek, H., Wallis de Vries, M., Bijlsma, R., & Schotman, A. (2011) Urgente maatregelen voor Habitattypen; behoud van urgent bedreigde typische soorten en vegetatietypen. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterrarapport 2278. <https://www.natura2000.nl/hulpmiddelen/herstelstrategieen>

Natuurmonumenten, Natuurherstel Korenburgerveen (z.d.)

<https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/natuurherstel-korenburgerveen/projectbeschrijving>





- Provincie Gelderland, Beheerplan Natura 2000 gebied Korenburgerveen (2022)  
[https://media.gelderland.nl/Ontwerp\\_beheerplan\\_Natura\\_2000\\_gebied\\_Korenburgerveen\\_c804f4f01b.pdf](https://media.gelderland.nl/Ontwerp_beheerplan_Natura_2000_gebied_Korenburgerveen_c804f4f01b.pdf)
- Ministerie van Algemene Zaken. (2023, March 24). Natuur herstellen en versterken. Landelijk Gebied: Aanpak Stikstof, Natuur, Water En Klimaat | Rijksoverheid.nl.  
<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aanpak-stikstof-natuur-water-en-klimaat/natuur-herstellen-en-versterken>
- Oliver, T. H., Isaac, N. J. B., August, T., Woodcock, B. A., Roy, D. B., & Bullock, J. M. (2015). Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss. *Nature Communications*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/ncomms10122>
- Van Dobben H. (2010). Lange-termijn effecten van bekalking op bosvegetatie. Bruikbaarheid van oude experimenten. Alterra rapport 2098, Wageningen.
- Verhofstad, M., J. Herder, E. Peeters & J. van Zuidam (2021). Kunstmatig natuurlijk. Een evaluatie van de meerwaarde van natuurvriendelijke oever. Gegevens: 2017 t/m 2020. Rapportnr. FL.2017.034.e2
- Wamelink, G., Van Dobben, H., & Berendse, F. (2009). Vegetation succession as affected by decreasing nitrogen deposition, soil characteristics and site management: A modelling approach. *Forest Ecology and Management*, 258(8), 1762–1773. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.05.043>
- Weijters, M., R. Bobbink, E. Bohnen-Verbaarschot, B. Van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel (2018). Herstel van heide door middel van slow release mineralengift. Resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek., VBNE, Driebergen
- Weijters, M., Bohnen-Verbaarschot, E., Vogels, J., Smits, L., Van de Riet, B., Siepel, H., Verbruggen, E., Emsens, W., Brouwer E., en Bobbink, R. (2023). Herstel van droge- en vochtige heide door middel van silicaatmineralen (steenmeel). Resultaten van negen jaar steenmeelonderzoek. Rapportnummer OBN-2019-109-DZ Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE), Driebergen
- wetten.nl - Regeling - Wet natuurbescherming - BWBR0037552. (z.d.).  
<http://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0037552>
- Zavaleta, E. S., Shaw, M. R., Chiariello, N. R., Mooney, H. A., & Field, C. B. (2003). Additive effects of simulated climate changes, elevated CO<sub>2</sub>, and nitrogen deposition on grassland diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(13), 7650–7654. <https://doi.org/10.1073/pnas.0932734100>

#### 4.1.6 Didactisch perspectief

- Alblas, A.H. & Wals, A.E.J. (1995). Naar didactiek voor natuur- en milieu-educatie. In J van Bergeijk, A.H. Alblas & M.I. Visser-Reyneveld (Red.), *Natuur- en milieu-educatie didactisch beschouwd* (1) (pp. 44, 45, 49). Wageningen, Nederland: Wageningen Pers.
- Anderson, B. (2017). Using Dr. Howard Gardner's Theory Of Multiple Intelligences To Connect 4th-8th Grade Students To NatureConnect 4th-8th Grade Students To Nature
- Andre. (2022, 1 juni). Leon van Gelder, grondlegger van de onderwijskunde - Ovide Decroly. Ovide Decroly. <https://www.interactum.be/leon-van-gelder-grondlegger-van-de-onderwijskunde/>.
- Origineel: L. Van Gelder, J.J. Peters, Th. Oudkerk Pool, J. Sixma (red.), *Didactische Analyse Werk- en studieboek*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 1971 (Deel 1), 1972 (Deel 2), 1974 (deel 3).
- Bertsch, S., Pesta, B. J., Wiscott, R., & McDaniel, M. A. (2007). The generation effect: A meta-analytic review. *Memory & cognition*, 35, 201-210.  
<https://link.springer.com/article/10.3758/bf03193441>
- Devid, V., & Hemeltjen, H. (2023, 31 maart). Deel 1. Wat zijn leerdoelen en waarom zou je met leerdoelen werken? Vernieuwonderwijs. <https://www.vernieuwonderwijs.nl/leerdoelen-deel-1/>
- Didactiek - 7 definities - Encyclo. (z.d.). <https://www.encyclo.nl/begrip/didactiek>
- Gazibara, S. (2013). Head, Heart and Hands Learning - A challenge for contemporary education. DOI: 10.15503/jecs20131-71-82
- Kennisclips Psychologie Social Work. (2020, 13 november). Windesheim Kennisclip – Systeendenken, de theorie van Watzlawick [Video]. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=qSlyKbFKiQs>
- Knowledge Quest. (2021, 29 maart). Constructivism as a philosophy of research [Video]. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=EbaOR8ahoSM>



- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Kole, J. A., & Healy, A. F. (2007). Using prior knowledge to minimize interference when learning large amounts of information. *Memory & Cognition*, 35(1), 124–137. <https://doi.org/10.3758/bf03195949>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212–218. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2)
- Lucassen, M., & Peeters, W. (2023, 31 maart). Deze leertheorieën moet je kennen. *Vernieuwonderwijs*. <https://www.vernieuwonderwijs.nl/onderwijs Theorieen-die-je-moet-kennen/>
- Meijer, W. (1995). Hoe educatief is natuur- en milieu-educatie? In J van Bergeijk, A.H. Alblas & M.I. Visser-Reyneveld (Red.), *Natuur- en milieu-educatie didactisch beschouwd* (1) (pp. 27,28). Wageningen, Nederland: Wageningen Pers.
- Paivio, A. (1978) *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Slavin, R. E. (2018). *Educational psychology: Theory and practice*. Pearson. p. 321-364
- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D., & Kirschner, P. A. (2019). *Wijze lessen: twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. (1 redactie) Ten Brink Uitgevers. <https://www.ou.nl/web/wijze-lessen>
- Systeemdenken - uitleg begrippen onderwijs. (z.d.). <https://wij-leren.nl/systeemdenken.php>
- TEDx Talks. (2019, 28 juni). *Education Reimagined Through Constructivism | Michelle Thompson | TEDxBethanyGlobalUniversity* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XVMYHt5ULUA>
- Thijssen, R. (2020). *Pestalozzi: Hoofd, hart en handen*. <https://volwassenenleren.nl/pestalozzi-hoofd-hart-en-handen/>
- Tzeng, O. J., & Cotton, B. (1980). A study-phase retrieval model of temporal coding. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(6), 705-716. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.6.6.705>
- Vaksectie Natuurwetenschappen (2017). *Natuurwetenschappelijke vakken : Vakspecifieke trendanalyse 2017*. Enschede: SLO.
- Van Werkhoven, W. (2018). *Johann Heinrich Pestalozzi, een praktisch georiënteerd volksopvoeder: 'De pedagogiek van hoofd, hart en handen'*. Driebergen: Stichting NIVOZ. Retrieved: 01-09-2020. <https://nivoz.nl/nl/johann-heinrich-pestalozzi-een-praktisch-geori-nteerd-volksopvoeder-de-pedagogiek-van-hoofd-hart-en-handen>
- Vermunt, J. D. (1992). *Leerstijlen en sturen van leerprocessen in het hoger onderwijs : naar procesgerichte instructie in zelfstandig denken*. [Phd Thesis 4 Research NOT TU/e / Graduation NOT TU/e), TiasNimbas Business School Eindhoven]. Swets & Zeitlinger. <https://research.tilburguniversity.edu/en/publications/leerstijlen-en-sturen-van-leerprocessen-in-het-hoger-onderwijs-na>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Willingham, D. T. (2021). *Why don't students like school?: A Cognitive Scientist Answers Questions About How the Mind Works and What It Means for the Classroom*. John Wiley & Sons.
- Young, D. R., & Bellezza, F. S. (1982). Encoding variability, memory organization, and the repetition effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 8(6), 545–559. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.8.6.545>

## 5. Deelnemerinterviews

- Virginia Braun & Victoria Clarke (2006) *Using thematic analysis in psychology*, *Qualitative Research in Psychology*, 3:2, 77-101
- Maguire, Moira & Delahunt, Brid. (2017). *Doing a Thematic Analysis: A Practical, Step-by-Step Guide*. 9.

## 8. Discussie

- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., and Ecclestone, K. (2004). *Learning Styles and Pedagogy in Post 16 Learning: A Systematic and Critical Review*. London: Learning and Skills Research Centre.
- Newton, P. M. (2015). *The Learning Styles Myth is Thriving in Higher Education*. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01908>



# Appendix A: verslagen interviews

## A.1. Notulen expert interviews

Wieger Wamelink

**Expert-interview Wieger Wamelink, ecooloog**

**24 november 2023, 14:00-15:00.**

*Verslag van een interview over stikstofdepositie en biodiversiteit, en een praktische toepassing voor de leermodule.*

**Aanwezig:** Floor, Marieke en Douwe

**Doel bespreking:** verzamelen van ideeën over de inhoud van de leermodule, en interactieve methodes.

**Introductie:** korte update voortgang project.

### Verslag gesprek

#### **Hoe zou jij het effect van stikstofdepositie op biodiversiteit in twee zinnen samenvatten?**

*"Stikstof is essentieel voor alle plantengroei. Maar bij veel stikstofdepositie groeien sommige soorten harder, waardoor ze de andere soorten weg kunnen concurreren."*

Dit is een effect van "vermesting" en dat zie je altijd als er stikstofdepositie plaatsvindt. Stikstofdepositie heeft ook een effect op biodiversiteit door "verzuring", en dat speelt ook een rol, maar is vooral een probleem in gebieden waar de bodems een slechte buffercapaciteit hebben.

Verzuring is niet op te lossen door de natuur zelf. Verzuring zorgt voor pH verlagening en als gevolg daarvan aluminiumtoxiciteit. Vermesting zorgt voor concurrentiestrijd.

#### **Uitspoeling van andere mineralen speelt toch ook een rol?**

*"Ja, klopt, maar dat maakt het verhaal ook meteen weer gecompliceerder."*

*Wat wel interessant is aan het uitspoelen van mineralen en aluminiumtoxiciteit is dat het bovenin toxisch kan zijn, en daaronder dan juist nog kalkrijk. Dan zie je verschillende effecten van de stikstofdepositie bij planten die wortelen op verschillende dieptes.*

*Kalktekort is een belangrijk effect van verzuring en dat zie je niet alleen in de bodem en bij de planten, maar dit werkt door in de hele voedselketen. Uiteindelijk leidt dit ertoe dat vogels niet genoeg kalk binnenkrijgen, waardoor eieren inzakken en de botjes van de poten makkelijk breken. Al sinds 1990 zien we dit effect op de eieren."*

#### **Hoe zou jij "biodiversiteit" uitleggen aan het algemene publiek, en welke methodes je gebruikt om dit te onderzoeken?**

*"Biodiversiteit is **al** het leven op aarde. Samen vormt dat biodiversiteit. En een deel van die soorten is aan het verdwijnen. Soorten kunnen dan wel in omvang toenemen, dat er meer dieren van dezelfde soort zijn, maar er komen geen nieuwe soorten bij. Het gaat dus om het verdwijnen van complete diersoorten, maar het begint ook al bij genetische erosie door isolatie en het verdwijnen van genetische variatie."*

Biodiversiteit kun je op de meest simpele manier onderzoeken door soorten tellen. Dat is voor planten nog redelijk te doen, maar voor bijvoorbeeld zoogdieren al een stuk ingewikkelder, omdat die rondlopen. En bij planten is het zelfs ook nog ingewikkeld omdat sommige planten alleen aanwezig zijn in de zaadbank. Bodembiodiversiteit meten we eigenlijk vrijwel niet, omdat het moeilijk is om onder de grond te kijken. We kunnen tegenwoordig wel DNA-analyse doen om te kijken wat er in de bodem aanwezig is, maar daarbij is het moeilijk vast te stellen hoeveel van deze soorten aanwezig is in de bodem.

Met deelnemers van de op te zetten module zou je dan bijvoorbeeld kunnen zeggen dat je een dm<sup>3</sup> grond neemt en gewoon gaat kijken hoeveel soorten je daarin ziet, hoeveel verschillende dingen.

#### **Als jij deze module zou ontwikkelen, wat zou je dan willen overbrengen aan de deelnemers?**



*"Het is belangrijk om te laten zien dat stikstofdepositie effect heeft op de hele voedselketen. Dus niet alleen op de bodem en op planten. Het kan zelfs ook invloed hebben op plagen: door een hoger stikstofgehalte in de bladeren van bijvoorbeeld zijn planten aantrekkelijker voor plaaginsecten, die daardoor sneller kunnen verspreiden en meer schade kunnen aanrichten. Dit zie je bijvoorbeeld bij de dennenscheerder op de Veluwe. Die had anders ook wel schade aangericht, maar nu in combinatie met droogte kon dit de nekslag geven."*

Beginnen met basiskennis: wat is stikstof, hoe werkt het?

Dan: wat gebeurt er als planten te veel stikstof krijgen? Hiervoor kun je ook landbouw met natuur vergelijken. Landbouw is een soort extreem voorbeeld van een ecosysteem waarin heel veel stikstof aanwezig is. En daar vindt bijvoorbeeld ook verzuring plaats, dat weten boeren, en daar doen ze iets aan door te bekalken.

Vervolgens: wat kun je hiervan zien? Hoe zie je dit effect als je rondloopt in de natuur?

En uiteindelijk: wat kun je doen aan dit fenomeen? Als je de effecten van stikstofdepositie wilt herstellen dan moet je het uit het systeem halen, dat gaat niet vanzelf gebeuren. Door beheer haal je een deel van de stikstof weg. Dat doen we al sinds de jaren 80. Dat helpt vooral om de huidige situatie te behouden, het kan de situatie niet echt verbeteren, zeker niet als je de aanvoer van stikstof niet vermindert.

*"Ik zou zelf niet ingaan op oplossingen zoals minder koeien, niet de boeren gaan aanvallen. Het lijkt me leuker om dan iets in de natuur te doen, dan in deze politieke discussie te stappen. Door het herstel te laten zien kan je alsnog wel duidelijk maken dat de depositie omlaag moet, maar de weg daarnaartoe hoeft dan niet vast te staan. Er zijn meer oplossingen dan alleen de boeren."*

### **Welke ideeën heb je voor (eenvoudige) experimentjes die het effect van stikstofdepositie op biodiversiteit zichtbaar maken?**

De deelnemers planten laten groeien als potexperiment: potjes met een stikstofminnende soort (gras/brandnetel/pompoen o.i.d.), en een andere soort die niet goed tegen veel stikstof kan. Groei deze plantjes beide los, en dan ook bij elkaar. En vergelijk dan ook behandelingen met en zonder mest erbij, om te zien wanneer welke plant de competitie wint. Je kan hier gewoon potgrond en pokon voor gebruiken. Eventueel kan je bijvoorbeeld ook verzuurde grond verzamelen (bijvoorbeeld van de Veluwe) en kijken of mensen kalk kunnen toevoegen voor de vergelijking.

In het veld:

Je kan heel simpel de bodem pH meten door pH papertjes mee te nemen. Kalk kan je zichtbaar maken door zoutzuur erop te druppelen, dat zou dan mee moeten in een pipetje (en verdund!) en werkt alleen bij bodems met veel calcium, zoals kleibodems.

Bij boerengraslanden kan je heel makkelijk aan de kleur herkennen of het een intensief of extensief beheerd grasland is. Engels raaigras is enorm groen en gelijkmatig, bij ecologische grasvelden zie je vaak veel meer kleur en veel meer geel en bloemetjes.

De strooisellaag in natuurgebieden of bossen breekt ook slechter af door de verzuring van de bodem, waardoor er veel minder bodemleven is. Bijvoorbeeld op de Veluwe, daar was de strooisellaag toen Wieger begon met werken nog ongeveer 5-10 centimeter, nu is het op veel plekken meer dan 10 cm. Op kleigrond, die licht basisch is, breekt wel alle strooisel af. Dit kan je dus vergelijken.

### **Welke locaties of habitattypen zijn volgens jou het meest geschikt om de deelnemers naar mee te nemen?**

*"Je ziet de effecten overal als je goed kijkt. Maar het is lastig om te zeggen "hier staan geen soorten". De uitdaging is dus om goed een vergelijking te kunnen laten zien."*

*Ik raad aan om mensen te laten kijken naar extremen. Dat geeft beter weer wat het verschil is, en vanuit daar kan je dan leren om het ook beter te herkennen in minder extreme gevallen. Bijvoorbeeld dus een boerengrasland vergelijken met een natuurgebied. Die vergelijking is niet helemaal eerlijk natuurlijk, maar het geeft wel het principe aan."*

Sparren op de Veluwe die nu doodgaan door grote plagen.

Duinen: hier zien we ook veel vergrassing door stikstofdepositie, plus het doodgaan van konijnen. De konijnen zijn ecosystem engineers: ze zorgen voor graasdruk en behoud. Daarom gebruiken ze daar nu grote grazers om dit na te bootsen.

Stroomdalgraslanden, extensieve graslanden, blauwgraslanden. Vergelijken met boerengrasland.

Heidegebieden laten vergrassing zien. Concreet voorbeeld: op de Edese heide bij de schaapskooi kan je drie gradaties zien van biodiversiteit. Dicht bij de schaapskooi wordt zoveel gegraasd dat het eigenlijk gewoon een weide is. Daarna zit een stuk waar je wel de heide kunt zien. Maar nog verderop wordt er minder gegraasd, en daar zijn stukken die heel erg vergrast zijn. Daarnaast zit er aan de overkant een maïsveld, dus daar kan je ook nog naar kijken.

Eikenbomen bij de Edese heide. Die hebben nu veel minder blad door een calciumtekort. Het kronendak is niet meer gesloten.

In het bos zien we verbraming sinds de laatste 10 jaar. De bramen overgroeien alles, je ziet ze overal.

Flevopolder: hier zijn plekken waar bramen zo erg de rest overwoekeren dat ze zelfs kleine boompjes omver duwen. En de brandnetels keren weer terug in de Flevopolder.

Korstmossen: gele korstmossen kunnen een indicatie zijn van stikstof in de lucht. De meeste korstmossen zijn groener/grijzer als er minder stikstof in de lucht zit. Bij verzuring gaan alle korstmossen dood (zoals ten tijde van zure regen), maar bij vermesting zien we een concurrentiestrijd.

### **Extra: heb je tips voor goede bronnen over stikstofdepositie en biodiversiteit? En de huidige stikstofbalans in Nederland?**

*"Wetenschappelijke publicaties zijn overal te vinden, maar wat mist is makkelijk toegankelijke informatie. Ik raad vakbladen aan, die zijn betrouwbaarder dan kranten, maar wel makkelijk leesbaar."*

Vakblad bos natuur en landschap: resultaten en implicaties  
De levende natuur.  
H2O

Vakblad voor Bos Natuur en Landschap  
Binnenlands Bestuur

### **Overige vragen**

#### **Hoe groot is het verlies van biodiversiteit door stikstofdepositie?**

*"In totaal zien we nu een afname van ongeveer een derde van de insectenpopulatie, en dat is ongeveer representatief voor alle andere soorten. Het is onmogelijk om te bepalen welk deel van deze afname enkel door stikstofdepositie veroorzaakt wordt. Klimaatverandering speelt bijvoorbeeld ook een belangrijke rol."*

*Bij klimaat verschil moeten soorten zich verplaatsen, bij stikstof kunnen soorten nog gewoon blijven leven in dat gebied.*

*Klokjes gentiaan verdwijnt bij verhoogde stikstof, maar ook door droogte bijvoorbeeld."*

#### **Heb je nog een laatste opmerking?**

*"Een laatste belangrijke boodschap om mee te geven aan de deelnemers: het is niet alleen stikstofdepositie die een rol speelt bij dit verlies aan biodiversiteit. Het grijpt allemaal op elkaar in. Vernatting helpt tegen stikstofdepositie en tegen verdroging door klimaatverandering."*

Phillipine Vergeer

### **Verslag meeting Philippine, 06-12-2023 11:00-12:00**

**In het kader van het ACT-project:** ontwikkelen van een interactieve leermodule over de effecten van stikstofdepositie op biodiversiteit.

**Aanwezig:** Marieke en Floor

**Doel bespreking:** verzamelen van ideeën over de inhoud van de leermodule, en interactieve methodes.

**Introductie:** korte introductie over het project.

### **Vragen**

#### **Wat is precies je expertise?**

Plantenecoloog, kijkt naar waar planten zich aan moeten aanpassen in hun omgeving (stikstof, klimaat, droogte, schimmels, bacteriën, planten, bodem). Hoe reageert plant op omgeving? Ook een meer moleculaire insteek, genen, plasticiteit, etc. Maar ook meer toegepast: natuur, biodiversiteit, en wat je kunt doen om biodiversiteit te stimuleren of herstellen. Hoe kan je natuurgebieden weer vitaal krijgen?

#### **Hoe zou jij het effect van stikstofdepositie in biodiversiteit in twee zinnen samenvatten?**

“Te veel stikstof heeft negatieve gevolgen voor de biodiversiteit. Als we ons richten op Nederlandse systemen dan gaat het vooral om vermisting, en bodemverzuring die daaruit ontstaat. Daaruit volgen dan negatieve effecten op biodiversiteit, bodem, planten, schimmels, insecten.”

Biodiversiteit: soortenrijkdom op alle niveaus: habitats, soorten, maar ook binnen soorten tussen individuen, en zelfs binnen individuen op gen-niveau.

#### **Hoe haalbaar en realistisch is het herstellen van natuurgebieden?**

Dat hangt ervan af waar je naartoe wilt. Terug naar hoe het ooit was, referentiebeeld “vroeger”, dan is het niet realistisch. Sommige systemen wel makkelijker: bijvoorbeeld kalkgraslanden, die hebben relatief weinig last van stikstofdepositie, hebben vooral last van veranderingen in beheer (te weinig of te veel begrazing). Vroeger werden schapen hier gewoon losgelaten, kwamen dan ‘s avonds weer terug, dus er was heel veel mobiliteit en uitwisseling – bijvoorbeeld ook van zaden van planten. Alles is nu veel meer versnipperd, en dat geldt ook voor begrazing. Bijvoorbeeld Natuurmonumenten heeft hun eigen kudde en die gaat naar gebieden. Kalkgraslanden zijn dus redelijk makkelijk te herstellen, daar is wel een groot verlies van soorten, maar qua bodemchemie is het vaak nog wel te herstellen. Vervolgens moet het dan door middel van beheer en introductie van soorten biodiverser gemaakt worden.

Venen, hoogveen, trilveen, blauwgraslanden gaan mogelijk nooit meer worden zoals ze waren. Daar spelen ook veel andere processen, hydrologische processen.

Hangt dus af van de vraag: waar wil je naartoe?. “Het is voor veel ecosystemen mogelijk om naar een vitaal systeem te gaan, maar misschien niet meer terug naar hoe het ooit is geweest.”

Als stikstofdepositie zou worden teruggebracht zou je met een aantal systemen naar een ander vegetatietype kunnen. Dat is dan niet per se minder goed, maar anders. Heeft bijvoorbeeld ook te maken met drainage (voor de landbouw) en verandering in dat soort systemen.

#### **Hoelang duurt tot een gebied hersteld is?**

Als je heel actief ingrijpt, bijvoorbeeld bij kalkgraslanden oppervlakkig plaggen (waar verzuring een kleine rol speelt door al het kalk) dan kan je de bodemchemie vaak wel weer herstellen. Als je dan ook actief bezig gaat met de soorten kan het snel herstellen, actief heterogeniteit terugbrengen, met schapen die open plekken maken: binnen 5-10 jaar kan je al grote verschillen zien. Maar dan moet je wel alles inzetten. Dat gebeurt alleen heel kleinschalig. Er worden

bijvoorbeeld wel bij kalkgraslanden sprongen gemaakt, maar niet helemaal herstel. "Die hele dynamiek van het systeem, dat komt er ook nog bovenop. Als je niet zorgt dat er voldoende heterogeniteit blijft terug komen, en de soorten zijn er niet. Die soorten variëren dus van plantensoorten tot insecten en vlinders, maar dus ook de bacteriën en schimmels, dan krijg je het niet zomaar terug." Als de soorten dan niet terugkomen, dan kom je niet terug naar het oorspronkelijke systeem. Hoogveen is bijvoorbeeld moeilijk te herstellen.

### **Zijn er succesverhalen voor herstel van hoogveen?**

De vraag is: wanneer is het "hersteld"? Een hoogveen kan weer als een hoogveentje gaan functioneren (bultvorm, gevoed door regenwater). Dat systeem an sich kan mogelijk wel herstellen (op kleine schaal). Maar dan zijn dus vaak de soorten er nog niet. Planten misschien wel maar dan bijv de vlinders nog niet. Vraag is dus waar je heen wilt.

### **Wat is een vitaal systeem?**

"Een systeem is goed functionerend als het duurzaam kan voortbestaan, voor honderden jaren, zonder dat je continu moet ingrijpen. Heidegebieden zijn altijd half-natuurlijk geweest, mensen hebben daar altijd ingegrepen, dus dat hoort er dan bij. Maar het systeem is vitaal als het naast die acties die erbij horen, geen ingrepen nodig heeft."

### **Hoe werkt actief herintroduceren?**

Actief inbrengen van plantensoorten gebeurt veel. Vooral bij graslanden, met maaisel van een ander gebied. Bewust kijken of de soortensamenstelling een beetje overeen komt. Checken of gewenste soorten er wel in zitten, en vergrassers en invasieve exoten niet. Maaisel uitrijden gebeurt veel, ook vaak na plaggen en diep maaien. Heel algemeen bij graslanden.

Herintroductie gebeurt ook specifiek op soortniveau, bijvoorbeeld in bossen voor herintroductie van boskruiden (bijvoorbeeld bosanemoon, slanke sleutelbloemen).

Herintroductie, samengevat, gebeurt heel veel, maar het is wat minder zichtbaar omdat het in rapporten verdwijnt van uitvoerende partijen (gemeentes, bureaus). Staat dus minder in wetenschappelijke publicaties.

### **Wat is jouw voorspelling voor de herstelbaarheid?**

Als de stikstofkraan niet dichtgaat wordt het heel moeilijk, dan zullen we nooit grote stappen kunnen maken. In de jaren 90 was stikstofdepositie het hoogst, en is al wel afgenomen, maar nog steeds veel te hoog. We hebben dus ook een grote "erfenis" uit het verleden. Dus zelfs als de kraan nu dicht wordt gedraaid, zit er nog steeds veel te veel in de bodem. Bij sommige gebieden is het eigenlijk onmogelijk weg te halen, zeker als de natuur het zelf zou moeten oplossen.

Actie zonder de kraan dicht te draaien: Pappen en nathouden. In heel gevoelige gebieden is het echt dweilen met de kraan open, maar bij sommige natuurgebieden kan je het wel behouden of een beetje verbeteren.

### **Kan je het dus eigenlijk dan behouden tot de kraan wel dicht is?**

Feit is dat we soorten aan het verliezen zijn, door veel meer factoren dan alleen stikstof (ook klimaat, pesticiden, droogte).

### **Als jij deze module zou ontwikkelen, wat zou je dan willen overbrengen aan de deelnemers?**

Er is verschillende gelaagdheid in doelen. Beginnen met zien van de schoonheid van de natuur, liefde voor de natuur krijgen. Dan iets meer rationeel: belang van biodiversiteit. Daarna: de ernst van de situatie, en dat we echt wat moeten gaan doen. Als het besef er is dat we echt iets moeten doen, als we dat onder een breed publiek kunnen krijgen, dan kan er volgens mij iets gebeuren.

De stikstofdepositie moet omlaag. Europese wetgeving, maar daarnaast is er eigenlijk heel weinig gebeurd aan het verminderen van stikstof. Dit probleem komt wel heel erg vanuit de overheid. Vanuit Nederland komt de meeste stikstof vanuit de landbouw, maar ook best een groot deel van

de industrie en een deel vanuit het buitenland. De industrie heeft behoorlijk wat te winnen. En de landbouw ook, de veestapel moet gewoon echt omlaag. Dat betekent niet dat de boeren weg moeten, maar wel dat er anders geboerd moet worden. Daar moeten dus mogelijkheden voor gemaakt worden, ruimte voor verandering, financieel. Dat moet toch echt vanuit de overheid komen.

Daadkracht komt vanuit de overheid. Maar draagvlak komt vanuit de burgers. Het creëren van draagvlak is dus een belangrijk doel. Er zijn ook veel boeren die echt het beste voor hebben en proberen het zo duurzaam mogelijk aan willen pakken. Dat kan je niet van iedereen verwachten, de overheid zal daarin moeten meebewegen. Dat lukt niet via uitkopen. De boeren moeten een perspectief hebben, dat hebben ze nu niet.

### **Welke ideeën heb je voor (eenvoudige) experimentjes die het effect van stikstofdepositie op biodiversiteit (en evt herstel) zichtbaar maken?**

Experimentje is lastig omdat stikstof complex is: werkt op veel processen door, en het eindresultaat is negatief, maar individueel is het niet zo ernstig. Juist omdat het op zo veel processen doorwerkt is het resultaat negatief.

Beste is: mee naar buiten gaan, deelnemers het verschil laten zien tussen verschillende types bodems, zwaar bemest en minder bemest weiland, soortenrijk grasland, en dan niet alleen oppervlakkig kijken maar ook kijken wat er in de bodem zit. Je ziet duidelijk verschil in spinnetjes, kevertjes, vormen, mieren (mieren zijn indicatief).

En misschien een paar hele mooie systemen laten zien, die we vroeger in Nederland heel veel hadden, maar nu steeds minder. Er zijn kleine stukjes mooie natuur die we steeds minder hebben. Kan je laten zien en uitleggen dat we die steeds minder hebben.

- Duingebieden; die kunnen bijvoorbeeld heel divers zijn als er wat water is en een vennetje. Eerste rij duinen is saai, maar daarachter kunnen heel mooie duinvalleien zitten. Dit zit bijvoorbeeld in Noord-Holland.
- Hoogveen: Bargerveen. Kan je ook de historie laten zien.
- Laagvenen, trilvenen, verlandingsvegetaties. Nadeel is wel dat het natte drassige landen zijn die misschien niet zo aantrekkelijk zijn voor iedereen.
- Graslanden; blauwgraslanden of heischrale graslanden zijn mooi. Blauwgraslanden kunnen zo op een paar m<sup>2</sup> 40 soorten hebben. Die hebben ook veel bloemetjes, vlinders, insecten.

### **Heb je ideeën voor herstelgebieden? Welke locaties of habitattypen zijn volgens jou het meest geschikt om de deelnemers naar mee te nemen?**

We hebben in heel veel gebieden gewerkt, tientallen. Sprekende voorbeelden:

Grasland

- Binnenveld. Daar is hersteld voor blauwgraslanden en weidevogels. Dat is heel mooi geworden. Zeker in het voorjaar stikt het van de weidevogels. Veel grutto's en Kieviten. Daar zou je gewoon doorheen kunnen fietsen.

Hoogveen

- Bargerveen is een heel sprekend voorbeeld van hoogveen. Ze hebben daar een hele kom gemaakt, de boel ingedamd. Daaromheen is al het veen afgegraven, veen verdroogd dus enorm. Voor hoogveen heb je juist nodig dat het zo'n dikke veenlaag is dat er geen contact is met grondwater. Als dat lek is droogt het uit. Bij Bargerveen hebben ze dus een soort kom om het gebied heen gemaakt zodat het niet meer leeg kan lopen door alle drainage daaromheen. Helder voorbeeld van hoeveel er nodig is om iets intact te houden.
- In De Peel ook 'dammen' neergezet om het water te beheren. Dit kan ook met natuurlijke materialen als leem/klei om het water te beheren.



## Laagvenen

- Westbroekse Zodden is heel toegankelijk. Daar kan je in lopen, en daar zie je verlandingsvegetaties van laagveen. Eerst krijg je een drijvende mat van planten, en die mat wordt langzaam steeds dikker. Planten sterven af en organisch materiaal blijft liggen, en dan heb je dus een dikke mat van vegetatie bovenop.

Dit zijn systemen die heel gevoelig zijn voor stikstofdepositie. Omdat ze geen bodem hebben zijn ze heel gevoelig voor vergrassing. Hier wordt maaien-afvoeren uitgevoerd, maar is ingewikkeld omdat er geen machines op kunnen. Er wordt veel door vrijwilligers met de zeis gedaan, of als er ijs ligt met de maaier.

Verdroging is in deze gebieden een belangrijker thema. Het gaat dus vooral om het verhogen van het waterniveau in deze gebieden. Daarbij is waterkwaliteit wel een belangrijk thema.

Laagveengebieden zijn wel gevoed door grondwater, en je merkt dus dat deze systemen eigenlijk altijd te droog zijn. Dat wordt dan weer aangevoerd via sloten, maar dat is heel ander water dan grondwater (meer nutriënten, minder basen). Bij laagveengebieden is dus sterk de vraag: verdrogen of vernatten en mogelijk 'vermesten'? Wordt wel gekozen voor nat houden omdat veen anders in een keer gewoon kan verdwijnen.

### **Extra: tips voor goede bronnen over stikstofdepositie, biodiversiteit en herstelbaarheid?**

Inhoudelijk: stikstofrapport 2022 van o.a. Bobbink.

Engeland: Carly Stevens. Schrijft ook heel mooi en goed.

Vakblad: De Levende Natuur.

OBN-rapporten, van natuurkennis.nl. Rapporten zijn heel goed en begrijpelijk.

### **Wat kan je zelf doen?**

Elektrische auto, van het gas af, vegetarisch eten, minder melk drinken.

Vrijwilligen bij natuurorganisaties.

Ook belangrijk: als burger heb je veel inspraak. De politiek reageert op het draagvlak onder de bevolking. Als je dat kunt bereiken, dan gaan er knoppen om.

Wim Stegeman

**Expert-interview Wim Stegeman, biodynamisch boer**

**27 november 2023, 10:00-11:15.**

*Verslag van een interview over de biodynamische boerderij van Wim Stegeman en Marga Klein Swormink en zijn visie op de stikstofcrisis.*

**Aanwezig:** iedereen (Douwe, Floor, Janne, Moon, Vera, Marieke)

**Doel bespreking:** inzicht krijgen in de visie van een (biodynamische) boer over de stikstofcrisis en de invloed die het heeft op de bedrijfshuishouding; en inspiratie opdoen voor een eventueel bezoek aan een boer als onderdeel van de leermodule.

**Introductie:** uitleg team en project.

## **Verslag gesprek**

### **Algemene impressie bedrijf, bemesting en stikstof**

#### **Het bedrijf**

Boer Wim heeft dit bedrijf samen met Marga 20 jaar geleden overgenomen. Akkerbouw was toendertijd moeilijk omdat het financieel slecht ging, veel mensen zijn toen gestopt. Wim en Marga zijn gestart en zagen perspectief, het eerste jaar was niet succesvol, de gewassen brachten weinig op. Akkerbouw is onvoorspelbaar aangezien de prijzen afhangen van de hoeveelheid beschikbare product.

Marga's vader heeft geholpen bij het ontginnen van de polder, daardoor maakten ze aanspraak op dit stuk grond. Zo heeft Marga's vader 50 jaar geleden dit stuk grond bemachtigd.

#### **Zorg voor de bodem**

Van vroeger uit teelden ze: graan, aardappels, suikerbieten, uien. Dit is een groot aandeel intensieve gewassen, dus de bodem had aandacht nodig. Onder in de bodem zat een verdichte laag. Bewerkbaarheid bleek al snel een aandachtspunt, soms doordat er te veel wormen aanwezig waren waardoor er te veel stikstof aanwezig was (wat ze achterlaten is heel plakkerig en wordt keihard als het opdroogt). Toen heeft Wim kalkmeststoffen en compostproeven gedaan om de bodem te verbeteren. Ruimte op het land om proeven te draaien.

Opbrengst en kwaliteit van de bodem werd beter door de proeven en het andere landbeheer. De verhouding van regenwormen werd ook beter. Toen is Wim gestopt met ploegen (ploegen gebeurt vooral om: onkruidzaden en ziektenkiemen dieper weg te stoppen, en meer lucht in de bodem te krijgen). Ploegen in natte omstandigheden leidt tot verdichting en slechte doorlaatbaarheid voor wortels, vandaar de stop met ploegen. Door niet te ploegen hou je je bodemleven in de top lagen. Het is dan ook nodig om je bodem zo lang mogelijk met gewassen bedekt te houden. Daarom is Wim meer gaan variëren met groenbemesters.

Niet ploegen brengt ook risico's met zich mee, zeker omdat het in een keer een andere manier van werken is. Het was mogelijk om dit te doen voor Wim omdat hij en Marga buiten het boerenbedrijf ook werken, dus hun boerenbedrijf is niet hun enige vorm van inkomen.

Wim heeft een netwerk opgericht met boeren die hetzelfde doen (150 boeren). Er was ooit al een netwerk maar die is gestopt, en toen hebben Wim en twee andere boeren een nieuw netwerk opgericht. Ze houden 3 bijeenkomsten per jaar per regio onder leiding van een adviseur.

#### **Visie boerderij en bemesting**

Toen de boerderij gestart werd was het doel van Wim en Marga: de boerderij beter doorgeven dan ze hem hadden aangetroffen, zowel wat betreft biodiversiteit, als financieel. Eerst niet biologisch (want daar komt veel bij kijken), de focus lag meer op het leren kennen van de grond. In 2016 hebben ze het besluit genomen om biologisch te gaan boeren omdat de grond veel beter was geworden, "de grond was er klaar voor". Samen met nog een andere boer zijn ze toen overgestapt op bio, zodat ze met zijn tweeën samenwerking en steun aan elkaar hadden. Ook is er samenwerking met een bio pluimveehouder, voor uitwisseling van meststof en machines. Wim



werkt ook samen met melkveehouders voor koeienmest. Wim bemest zijn land met biologische mest, ook al zou hij ook een deel met mest van gangbare bedrijven mogen bemesten.

*"Die regeling gaat ervanuit dat er niet genoeg biologische mest is. Maar volgens mij is dat onzin. Het is een verdienmodel. Het lukt mij altijd om mijn land biologisch te bemesten."*

Biologisch boeren heeft effect op de stikstofhuishouding van het bedrijf.

*"Als je biologisch boert mag je 170 kg stikstof gebruiken per hectare per jaar in organische vorm. Dat geldt ook bij gangbaar boeren. Dat mag ook met kunstmest en het kan meer dan 170 kg per hectare zijn afhankelijk van je gewassen, omdat sommige gewassen meer stikstof nodig hebben. Daardoor krijg je ook een hogere opbrengst van goede kwaliteit: de opbrengst van graan is bijvoorbeeld 11 ton per hectare voor gangbare landbouw, nu bij biologisch is dat ongeveer 7 of 8 ton. Organische mest is lastiger om mee te werken. Met kunstmest is veel beter te sturen."*

### **Voordelen biologisch boeren**

Wim ziet voordelen van biologisch boeren, maar is er ook genuanceerd over.

*"Voor mij is het voordeel om de bodem in zijn kracht te zetten. Om de bodem te voeden, en niet zozeer de plant. Verder zie ik niet zulke zwart-witte verschillen tussen gangbaar en biologisch boeren."*

*Het heeft ook nadelen. Bij ziekte van gewassen kan er vrijwel niks tegen gedaan worden omdat dat niet volgens de biologische richtlijnen is. Een gewas kan dan (gedeeltelijk) verloren gaan. Daar zijn eigenlijk geen oplossingen voor in de biologische landbouw. Veredeling kan wat voordelen bieden, maar zo'n resistentie kan ook weer verbroken worden."*

### **Veranderingen bij de omzetting naar bio**

De grootste verschillen bij de overgang naar biologisch boeren waren voor Wim de gewaskeuzes. Op zijn 55 ha, verdeeld over 12 percelen, teelt hij nu allemaal verschillende gewassen. Hij is veel meer en nieuwe gewassen gaan telen. Dit jaar bijvoorbeeld: wintergerst, wintertarwe, grasklaver, een vogelakker (gericht op het bieden van beschutting en broedplaatsen), suikermais, rode en gele ui, aardappels, spinazie, erwten, verse soja, peterselie, bruine mosterd. Dit zijn wel veel gewassen, in de nieuwe koers wil hij zich richten op iets minder gewassen.

Deze gewassen worden geteeld volgens een bouwplan, waarin de gewassen in gewasgroepen worden afgewisseld. Er wordt een volgorde aangehouden die rekening houdt met ziektes en met stikstofdynamieken.

Wat betreft biodiversiteit ziet Wim niet alleen verbeteringen.

*"De biodiversiteit is soms juist beter in gangbare bedrijven dan in biologische bedrijven. In gangbare bedrijven is er doorgaans meer rust op het veld in de broedperiode. Biologische boeren bestrijden onkruid machinaal en dat verstoort de vogels. In gangbare landbouw wordt er af en toe gespoten, maar is er dus meer rust. Deze rust aanbrengen, vooral tijdens tijden van vogelbroed, is lastig voor biologische boeren."*

### **Boeren en stikstof**

Wim is actief bezig met de stikstofhuishouding op zijn bedrijf. Elk najaar na de teelt laat hij vaststellen hoeveel stikstof er nog in de bodem aanwezig is. Dit is eigen verantwoordelijkheid van een boer. Dit wordt gedaan om te bepalen of er een hoog risico is op uitspoeling.

Niet alle boeren meten dit.

*"Op het land is het de eigen verantwoordelijkheid om de stikstofconcentraties te meten. Wel wordt het water gecontroleerd. Er zijn vaste meetpunten om dat te meten, maar er zijn geen regels over wie er verantwoordelijk is voor die punten."*

*Boeren staan wel open voor onderzoek, maar perspectief is belangrijk, de juiste framing is nodig. Boeren willen wel meewerken met projecten over stikstof als ze het hen helpt om het beter te doen met behoud van opbrengst en kwaliteit. Het is tegenwoordig mogelijk om de stikstofgehalten eenvoudig en goedkoper te meten, dus dat kan meer gedaan worden."*

### **Verdere ontwikkelingen op Wims bedrijf**

Sinds drie jaar heeft Wim een biologisch-dynamische certificering (Demeter keurmerk). Daarbij mag je zelfs maar 112 kg stikstof per hectare toevoegen.

Daarnaast maakt hij gebruik van het model NDICEA om de stikstofdynamieken op zijn bedrijf in de gaten te houden. Met dit model kwam hij erachter dat zijn bodem al erg groeikrachtig is en veel stikstof kan leveren, dus dat zelfs die 112 kg stikstof per hectare niet nodig was. Hij houdt nu zelfs mest over. Deze stikstof wordt dan geleverd door afbraak van organische stof in de bovenste lagen van de bodem, waar veel zuurstof aanwezig is door niet te ploegen. Hierdoor breekt dus organische stof af, maar dit wordt gecompenseerd door veel groenbemesters te telen die het organische stofgehalte van de bodem weer omhoog brengen.

Wim wil graag proberen om meer schimmels in de bodem te krijgen ten opzichte van bacteriën. Dit kan gestimuleerd worden door de grond minder te bewerken, en materiaal toe te voegen dat minder goed verteerbaar is, zoals stro. Bacteriën groeien juist beter op makkelijk afbreekbare groenbemesters.

## **Gerichte vragen stikstof en biodiversiteit**

### **Welke rol speelt de stikstofcrisis voor jouw bedrijf?**

*"Ik heb er moeite mee dat er ineens een stikstofcrisis is doordat de Raad van State een uitspraak heeft gedaan. Er spelen veel meer crisissen. Ik vind dat we niet alle energie op stikstof moeten richten, want dan vergeten we andere belangrijke dingen.*

*Ik heb zelf geen last van de stikstofcrisis. Dit is tenslotte geen stikstofcrisis, maar een natuurrisis: het draait om een stikstofoverschot wat neerslaat op de natuur, waardoor de natuur in slechtere staat is. Er zijn in de Flevopolder geen Natura2000 gebieden, waardoor men hier minder "last" heeft van de stikstofcrisis, want er zijn minder boeren die dicht bij natuurgebieden zitten.*

*Wat betreft de aanpak, vind ik dat er een aanpak van onderaf zou moeten zijn. Als je beweging wilt krijgen, dan moet dat gebeuren bij de mensen die het moeten gaan doen, de boeren dus. Laat hen bedenken wat ze voor oplossingen zouden vinden, en geef hen de tijd hiervoor. Er moet een visie zijn met doelen, in plaats van een focus op maatregelen. Een landbouwakkoord met duidelijke doelen geeft een positieve draai. Er kunnen dan verschillende wegen zijn die naar die doelen leiden. Vrijheid is het belangrijkste wat er is voor ondernemers. Door het opleggen van maatregelen krijg je dus juist verzet.*

*Tot slot: er moeten Europese doelen gesteld worden, niet alleen voor Nederland. Het moeten wel duidelijke regels zijn, die ook kijken naar het type landschap per land, bijvoorbeeld dat Nederland veel water heeft. Deze doelen moeten haalbaar zijn en afhankelijk van de situatie."*

### **Aan wat voor doelen denk je dan zelf?**

*"Dit is lastig zo te zeggen. Wat ik belangrijk vind is dat wetenschap en organisaties alles op een rijtje zetten. Op basis van die informatie kunnen dan doelen gesteld worden. Het is belangrijk om voor de uitvoering van die doelen dan een koppeling te maken met degenen die de doelen moeten gaan waarmaken. Op dit moment is er geen duidelijke visie over de uitvoering van de doelen. Het gaat dus om contact met de boeren, om het verantwoordelijkheidsgevoel te activeren en handelsperspectief te bieden voor de boeren. Ook moet er meegenomen worden dat hoe dichter je bij een Natura2000 gebied zit, hoe groter de verantwoordelijkheid om iets aan je uitstoot te doen."*

### **Welke maatregelen neem jij om je stikstofuitstoot te verminderen?**

Wim is actief bezig met zijn stikstofuitstoot door dingen die eerder al genoemd waren: het aanhouden van de richtlijn van 112 kg stikstof per hectare per jaar; het maken van een bouwplan waarin rekening wordt gehouden met stikstof; NDICEA gebruiken om de juiste hoeveelheid bemesting te bepalen; en metingen aan het einde van het seizoen om het model te controleren en kalibreren.

### **Wat denk jij dat belangrijke dingen zijn om mee te nemen voor onze module?**

De volgende ideeën kwamen bij Wim op.

- Stikstof wordt op dit moment gezien als een probleem, bijvoorbeeld door veel bramengroei in de natuur. De bodem verzuurt en daardoor spoelen nutriënten weg. Maar de pH valt prima te verhogen door kalk toe te voegen. Stikstof omlaag brengen is dus niet de enige oplossing.

- Boeren worden vaak aangesproken op hun monoculturen, maar zij zijn niet de enigen die monoculturen hanteren: kijk maar naar bossen, waar heel vaak maar een paar soorten staan.
- Grondgebondenheid kan een belangrijke stap vooruit zijn: in verhouding tot het grondoppervlak het aantal gewassen of vee voor Nederland bepalen. In plaats van grote stallen met veel dieren op een klein oppervlak.
- Wanneer we het over depositie hebben, is het ook belangrijk om het te hebben over de oorsprong van stikstof. Er zijn gebieden met heel veel dieren en heel veel natuur.
- Tot slot: we hebben het nu veel over het stoppen van boerenbedrijven, maar het kan ook een mogelijkheid zijn om dieren te verplaatsen. Er zijn bijvoorbeeld ook gebieden met een mesttekort, bijvoorbeeld in Zeeland. Dit soort oplossingen kunnen ook bekeken worden.
- Er zit heel veel onder: Nederland is een handelsland en staat ook heel hoog aangeschreven in de landbouw, maar het importeert bijvoorbeeld allemaal kalveren die dan worden vetgemest met voer geïmporteerd uit Zuid-Amerika.

***Biodiversiteit is belangrijk voor je bedrijf, welke dingen doe je concreet om dit te versterken?***

Wim probeert actief biodiversiteit te stimuleren. Waarom?

*"Omdat het me blij maakt om biodiversiteit te zien, maar ook omdat ik geloof dat het hulptrouwen zijn voor mijn bedrijf."*

Wim onderneemt de volgende activiteiten om biodiversiteit op zijn bedrijf te stimuleren.

- Het gebruik van bloemrijke akkerranden.
- Samenwerking, omdat biodiversiteit sterker is als je het samen doet. Daarom heeft Wim mede Boer Natuur Flevoland opgericht, en is hij gebiedscoördinator geweest voor agrarisch natuurbeheer.
- Via die samenwerking is er nu een cluster van zo'n acht boeren in de regio met wie ze rust, voedsel en mogelijkheden tot vermeerdering willen bieden voor vogels (en andere natuur)
- Biodiversiteit begint bij de bodem, dus Wim stimuleert het om zo veel mogelijk soorten in de bodem te hebben, en veel schimmels. Dit door niet te ploegen en geen chemie te gebruiken. Dit is wel kwetsbaar, want je kunt ook soorten opbouwen die je liever niet hebt.
- Er is een ambitie om houtige gewassen te integreren op het land, tussen de percelen in. Ze gaan binnenkort een proeftuin agroforestry starten, kijken of daar een weerbaar systeem in te krijgen is.

Paul Roncken

## Expert-interview Paul Roncken

28 november 2023

Verslag van een informatief expert-interview met Paul Roncken over stikstofdepositie en natuureducatie.

**Aanwezig:** Janne, Marieke & Floor

**Doel:** verzamelen van ideeën voor interactieve lesvormen en de inhoud van de leermodule.

### Verslag gesprek

#### Wie is Paul?

Paul is een landschapsarchitect, en hij heeft lang lesgegeven bij de leerstoelgroep landschapsarchitectuur. Zij houden zich meer bezig met de ruimtelijke kant van landgebruik, en met name het ontwerp daarvan.

*"Je hebt ook ruimtelijke planning, dat is vaak meer sociaal en economisch, maar de landschapsarchitecten zijn hoopvolle mensen die hopen dat we dingen kunnen oplossen door een beter systeem te ontwerpen. Dat is vanuit een technische kant, maar daar zit dan ook ecologie in. Het gaat om samenhang: planten, dieren, bodem, water. Dat gaat ook samen met de opdrachtgevers, er zit ook een menselijke kant in voor het doel."*

Vanuit landschapsesthetiek is Paul betrokken geraakt bij NatuurCollege. Het is opgericht door prinses Irene vanuit de gedachte dat verbinding met de natuur een heleboel kan brengen. En je ook kan leren om beter te leven en meer terug te geven.

*"Dat is de afgelopen jaren alleen maar relevanter geworden. En dat zijn we nu onder mijn leiding aan het uitbreiden richting onderzoek. We hebben nu een leerstoel natuur-mensen relatie in Wageningen, waarmee we ons ook richten op onderwijs. En ik denk dat dit vak, een stikstofmodule, een heel goed voorbeeld is daarvan."*

*"Ik ben heel blij dat het onderwijs niet alleen maar voor de academische wereld is, maar juist ook voor middelbare scholen, en iedereen die het wil of kan gebruiken."*

#### Is natuurcollege verbonden aan Wageningen Universiteit?

Wageningen Universiteit is betrokken bij de leerstoel, maar het is wel een op zichzelf staand iets. Natuurcollege betaalt die leerstoel.

Paul heeft grote ambities voor onderwijs en die kan hij niet altijd kwijt binnen het systeem, dus is hij nu via een stichting het systeem van buiten aan het beïnvloeden.

#### Heeft dit effect?

*"Ja, bijvoorbeeld al we kijken naar het klimaat: dat staat meestal niet op nummer 1, maar mensen die ermee bezig zijn zoeken elkaar op en gaan meer bundelen en samenwerken. Daar zijn we mee bezig en dat biedt hoop. Voor de komende jaren is dé oplossing misschien nog niet zo belangrijk, maar moeten we elkaar eerst leren verstaan."*

#### Welke rol heeft u binnen Natuurcollege?

Eerst had Natuurcollege alleen een bestuur en geen uitvoerend team. Paul is nu de eerste directeur van Natuurcollege. Ze werken met een horizontaal team vol met verschillende ambities. Lian Kasper doet het onderwijs, Bas Bedroli heeft contact met de leerstoel. En er is een groeiende groep studenten die ook meedoet. Dit is een groeiende groep van studenten die vakken hebben gevolgd. Laatst was er ook een grote conferentie vol hoopvolle mensen die geloven dat ze een verschil kunnen maken.

Ze zijn nu betrokken bij een aantal vakken op de universiteit: anthropology of basic nature skills, traditional ecological knowledge, wild perspectives (zomercursus), regenerative cultures.

Arjen Wals is een belangrijke adviseur voor Natuurcollege.

#### Welke didactische methode(s) gebruikt Natuurcollege?

Deze kan je ook vinden op de website van Natuurcollege. Ze hebben een leerconcept ontwikkeld (samen met Lian Kasper, Koen Arts, Reineke van Tol en Arjen Wals). Het gaat een beetje heen en weer tussen theorie en wat in de praktijk in de vakken blijkt te werken. Vier grondslagen:

1. **Geloof krijgen dat verandering mogelijk is.** (Heeft ook te maken met je eigen innerlijk.) Methoden om te verkennen of je zelf innerlijk geblokkeerd bent, of je wel kunt geloven in verandering. Dit is het diepste niveau van onderwijs, op het grensvlak met zingeving en therapeutische begeleiding. Daar hebben we op universitaire kringen meestal weinig aandacht voor, totdat het fout gaat.
2. **Vaardigheden ontwikkelen.** Praktische vaardigheden, met je handen. Leren om niet alleen je hoofd te gebruiken, maar ook je handen en je lichaam en je zintuigen. Leren om samen te werken, niet alles alleen te doen. Dit zijn de "natuurvaardigheden", die heel grote invloed hebben als je ze toelaat. Dat kun je niet van tevoren voorspellen, de effecten daarvan, je bent misschien eerst angstig of huiverig, maar als je het gaat doen kun je ontdekken of je het kunt. Je kan bijvoorbeeld leren om boer te zijn, of een huis te bouwen, of voedsel te bereiden, of dingen te repareren.
3. *(Slaan we over wegens overlap met openstaan voor verandering)*
4. **In de praktijk brengen.** Maar... Hoe doe je dit dan in een baan? Of als je op vakantie wilt, of in de supermarkt staat? Hoe breng je dit in de praktijk in je "normale leven". Bijvoorbeeld juist op vakantie ben je vaak ineens vervuilender dan ooit, of bijvoorbeeld in je voedselkeuzes. Dit gaat om levensstijl en het is dus niet zozeer een vak, maar meer begeleiding.

### **Die laatste, het implementeren in het leven van mensen, hoe gaat dat concreet in zijn werk?**

Dit is eigenlijk de oudste module binnen Natuurcollege. Twintig jaar geleden begon prinses Irene met modules maken, en alle mensen die daarbij betrokken waren deden eigenlijk vooral coaching van individuele mensen. Dus coaching is heel erg aanwezig, maar is niet verbonden met wat wij "opleiding" noemen binnen een onderwijsinstituut.

*"Dat is een rare scheiding. Juist een onderwijsinstituut moet zorgen voor begeleiding, juist in de eerste zeven jaar dat je klaar bent met je studie, want die jaren zijn het meest gevaarlijk voor burn-out etc. Dit is een onderwijsvorm die we wel kennen, maar het wordt normaal gesproken in de privésector gedaan. Wij willen dat samenbrengen."*

### **Wat betreft natuurvaardigheden: hebt u concrete voorbeelden van natuurvaardigheden die echt belangrijk zijn?**

*"Het belangrijkste voorbeeld is de Gardner theorie van meervoudige intelligentie. Intelligentie wordt nu heel cognitief geformuleerd, terwijl je ook emotionele en fysieke intelligentie hebt. Er zijn 9 soorten van intelligentie inmiddels. Die kan je vaardigheden noemen, om te luisteren naar je lijf en te leren samenwerken en omgaan met dingen die fout gaan, etc. Dat leer je vooral praktisch buiten in de natuur, omdat je deze dingen automatisch en instinctief moet doen. In de natuur gaat dit heel spelenderwijs."*

### **Als u deze stikstof module zou ontwikkelen, wat zou u dan willen overbrengen aan de deelnemers?**

*"Ik vermoed dat er een behoorlijke leercurve gaat zijn, en ik ga ervan uit dat deelnemers dit vrijwillig volgen. Je wilt meer weten over stikstof (want het is een probleem). Leercurve is dan: stikstof zien als een probleem en hopen dat dit vak het gaat oplossen. Maar snel gaat blijken dat 1) niet alles zomaar op te lossen is, maar ook 2) niet alles een probleem is. De leercurve kan dus sprongen maken, draaien in hoe ze dingen zien (bijvoorbeeld van probleem naar niet-probleem, naar noodzaak). Deze sprongen moet je in gedachten houden bij het opzetten van je leermodule."*

*Probleem/niet-probleem discussie: stikstof is wel nodig, maar we hebben ook te veel, maar wie moet daar dan aan werken? Als we politiek en alle belanghebbenden meenemen dan kunnen mensen weer in de war raken, de weg en de hoop kwijtraken."*

*Vraag je dus af: wat is het uiteindelijke doel van het vak? Daar liggen de meningen nog wel over uiteen in de verschillende begeleiders. Is het een bewust ontworpen route die je perspectief de hele tijd verbreedt, vernauwt, richting geeft?"*

### **Zouden we de deelnemers voor zoiets moeten waarschuwen? Dat ze verschillende kanten gaan ontdekken, emoties kunnen ervaren?**

"Sommige mensen zullen het fijn vinden om dit te weten, maar als je dit belooft gaan mensen het ook verwachten. Dat zou ik niet doen. Maar: als ontwerper van het onderwijs moet je hier wel bewust van zijn, en dus ook niet te veel willen in één keer. Geef mensen de tijd om een verandering van inzicht ook een plek te kunnen geven.

Er zijn een paar boeken verschijnen de laatste tijd die laten zien hoe goed het verhaal van stikstof eigenlijk is. Hoe we er een enorme puinhoop van hebben gemaakt, terwijl we dat zelf niet wisten – het was eigenlijk een enorme ontdekkingsreis.

Het lijkt mij dus waardevol om bewust te zijn van deze reis en deze stappen. Qua doel: mensen kunnen meegenomen worden in de reis, en dan gaan ze daarna waarschijnlijk zelf wel nadenken over hun conclusie en wat ze hier zelf mee kunnen doen."

### **Stikstof, neutraliteit en politiek**

Het is eigenlijk onmogelijk om een onderwerp zoals de stikstofcrisis "neutraal" aan te vliegen. Daarom is dit ook niet het doel van de leermodule. Paul is het hiermee eens.

Paul vindt stikstof een heel goed verhaal voor Nederland, want als je op de satellieten kijkt is Nederland duidelijk een van de grootste stikstofuitstoters van Europa. Het is dus "ons verhaal".

"De nieuwe vorm van onderwijs is: het is altijd politiek. De slimste vorm van onderwijs is dus dat je in de gelegenheid wordt gesteld om zelf een mening te vormen. Dat je het idee hebt dat je de vrijheid hebt om ontdekkingen te doen, niet dat er een verhaal aan je wordt opgelegd.

Binnen Natuurcollege is dit ook een belangrijk moreel kompas: toewerken naar een pluriforme samenleving. Samenleven met mensen die heel andere visies hebben en heel anders denken. Dit geldt bijvoorbeeld duidelijk voor stikstof. Maar bijvoorbeeld ook: het "wild perspectives" concept, waar je je gaat inleven in niet-menselijke groepen. Inleven in de leefwereld van een plant, de samenwerking met schimmels en andere planten – en wat dan het effect van stikstof is. Heel fysiek proberen je dat voor te stellen."

### **Welke locaties of habitattypen zijn volgens u het meest geschikt om de deelnemers naar mee te nemen?**

"Je wilt een paar gebieden bezoeken die echt beschadigd zijn door een teveel aan stikstof. Dat zijn de droge zandgebieden met de fijnsparren en letterzetteren en de verzuring van de bodem. Dat is dan op de Veluwe of de Utrechtse Heuvelrug. Interessant: de afstand lopen van de stikstofbron en het gebied waar het een effect op heeft. Met de lucht meebewegen. Op die manier zou je ook grotere stromen kunnen voorstellen (bijvoorbeeld hoe het Ruhrgebied hier juist ook weer invloed op kan hebben). In de Gelderse Vallei zijn er legio voorbeelden hiervan, waar je dus de bron kunt verbinden aan de effecten. (Opmerking: bijvoorbeeld de fijnsparren zijn ook gecompliceerd omdat het met allerlei andere effecten te maken heeft, klimaatverandering en aanplanting etc. Het effect van stikstof heeft te maken met verdroging en klimaat en het is erg moeilijk om dat te ontwarren)."

### **Welke ideeën heeft u voor (eenvoudige) experimentjes of lesvormen die het effect van stikstofdepositie op biodiversiteit zichtbaar maken?**

"Klassieke kennisoverdracht zit er ook in. Wees niet bang om kennis te blijven overdragen.

Daarnaast kan je gebruik maken van inlevingsmomenten: biologische processen je echt proberen voor te stellen.

En rollenspellen: verschillende belangen uitleven. Best mooie vormen voor beschikbaar, ook Reineke van Tol heeft voorbeelden. "Theatre of the oppressed". Er is ook een Wageningse theatergroep die dit doet, de Boerengroep. Laat conflicten en tegengestelde belangen zien die dan door mensen worden ingebeeld. Dat heeft veel effect omdat het je laat ervaren hoe het is om aan de andere kant te staan."

### **Hoe ben je in de begeleidingscommissie beland? Hoe is die connectie gelegd?**

Monique is een natuurcoach die is opgeleid binnen de eerste onderwijsmodules verbonden aan Natuurcollege, dus zij heeft een link met Natuurcollege. En ze werkt vanuit een verbondenheid met natuur, wij zijn natuur. Zij heeft dus het linkje gelegd met Natuurcollege. Het past zo goed bij wat ze willen ontwikkelen, dat Paul graag meer betrokken zou willen blijven.

### **Vragen/toevoegingen vanuit Paul:**

Paul vertelt nu aan mensen om hem heen over dit project, en sommigen vinden het meteen heel belangrijk, en er zijn ook veel boeken en podcasts over nu, dus het lijkt een goed moment.



Maar: ook ongeveer de helft van de mensen ergeren zich aan de stikstofproblematiek, omdat het maar een klein deel van de werkelijkheid is en volgens hen te veel focus ontvangt. Hier kunnen we over nadenken, deze tweedeling.



## A.2. Interview ontwerp en interview guide

### Interview ontwerp

**Doelgroep/onderzoekspopulatie:** Voormalige en huidige deelnemers van de jaaropleiding van Natuuropleiding.

**Onderzoeksonderwerpen:** Ervaringen van deelnemers van Natuuropleiding verzamelen. Ideeën opdoen voor de leermodule. Inzicht krijgen op de voorkennis, ervaringen, motivatie, meningen van de deelnemers.

#### Onderzoeksvragen en doelen

V: onderzoeksvraag, D: doel, O: onderwerpen, A: aspect

**V1** Wat is de motivatie van deelnemers voor het kiezen van een opleiding bij Natuuropleiding?

- **D1.1:** Erachter komen waardoor geïnterviewden voor Natuuropleiding hebben gekozen.
  - **O1.1.1:** Waarom een opleiding over natuuronderwerpen
    - Waarom specifiek Natuuropleiding?
    - Hobby's, opleiding, omgeving
  - **O1.1.2:** Doel, wat wil men bereiken.
    - Carrière
    - Waar wil men de kennis voor gebruiken
    - Visie
    - Ontspanning
- **D1.2:** Achtergrondinformatie over de deelnemers van Natuuropleiding verzamelen.
  - **O1.2.1:** Wat is de definitie van natuur voor de deelnemers van Natuuropleiding
    - Achtergrond deelnemers
    - Onderdelen van de natuur
  - **O1.2.2:** Wat is de affiniteit van de deelnemers met natuur voordat ze begonnen aan deze opleiding.
    - Hobby's
    - Opleiding
    - Standpunten en opinies
    - Woonplaats/ omgeving
    - Natuur in jeugd
  - **O1.2.3:** Verdere achtergrondinformatie zoals baan, leeftijd, opleiding, gezinssituatie

**V2** Wat is de ervaring van deelnemers van Natuuropleiding?

- **D2.1:** Positieve onderdelen van de lesmodules inventariseren.
  - **O2.1.1:** Erachter komen wat de geïnterviewden het meest is bijgebleven van de opleiding.
    - Eye openers
    - Activiteiten
    - Specifieke onderwerpen
    - emoties
  - **O2.1.2:** Erachter komen wat de geïnterviewden het meest leerzaam vonden.
    - Activiteiten
    - Specifieke onderwerpen
    - Emoties

**V3** Wat is de kennis en associaties die de deelnemers van Natuuropleiding hebben over biodiversiteit?

- **D3.1:** Erachter komen wat men verstaat onder biodiversiteit.
  - **O3.1.1:** Definitie biodiversiteit
    - Achtergrond deelnemers
    - Eerste associatie
    - Gebieden (bos, weiland, beekjes, etc)

- **O3.1.2:** Associaties met biodiversiteit
  - Nieuws artikelen
  - Voorkennis
  - Meningen
  - Voorbeelden van biodiversiteit
- **O3.1.3:** Onduidelijkheden
  - Alternatieve concepties
  - Vragen
- **D3.2:** Ontdekken of er een belang voor biodiversiteit is voor de deelnemers. En wat dat belang dan precies inhoudt.
  - **O3.2.1:** Is er een belang
    - Wat is het belang?
    - Positief of negatief
    - Waar komt het belang vandaan
    - Voor wie is dit belang belangrijk (natuur/persoonlijk etc)

**V4** Wat is de kennis en associaties die de deelnemers van Natuuropleiding hebben over stikstof en de stikstofcrisis?

- **D4.1:** Erachter komen wat de voorkennis over stikstof is onder de deelnemers
  - **O4.1.1:** Associaties met stikstof
    - Stikstof in het nieuws/ actualiteiten
    - Waar ken je stikstof van?
  - **O4.1.2:** De stikstofkringloop -> stikstof in de natuur
    - Stikstofgebruik (natuur)
    - Vormen stikstof
    - Bronnen en opslag
  - **O4.1.3:** Erachter komen wat onduidelijkheden zijn over stikstof
    - Vragen
    - Alternatieve concepties
- **D4.2:** Erachter komen wat men verstaat onder stikstofcrisis
  - **O4.2.1:** Actualiteiten
    - Mening
    - Media
  - **O4.2.2:** Associaties
    - Mening
    - Media
    - Stakeholders
    - Ervaring
    - Wereldbeeld
- **D4.3:** Wat is de kennis en mening van de deelnemers over de stikstofcrisis in Nederland
  - **O4.3.1:** Positief vs. Negatief
    - Emoties
    - Ervaringen
  - **O4.3.2:** Oorzaken (wie spelen een rol in deze crisis?)
    - Stikstofcrisis
    - Uitstoten van stikstof
    - Stakeholders
    - Beleid
    - Consumenten
  - **O4.3.3:** Erachter komen wat onduidelijkheden zijn over de stikstofcrisis
    - Alternatieve concepties
    - Bewustzijn
    - Stikstofkringloop
    - Oorzaken
    - Stakeholders
    - Media

**V5** Wat is de kijk van de deelnemers op de stikstof lesmodule?



- **D5.1:** Erachter komen hoe deelnemers een lesmodule over stikstof zouden willen zien
  - **O5.1.1:** Onderdelen van module over stikstof door deelnemers aangeraden
    - Les vormen
    - Activiteiten
    - Locaties
  - **O5.1.2:** Inhoud van module
    - Kennis
    - Begrippen
    - Stakeholder (belanghebbenden)
    - Doelen
    - Boodschap

## Final interview guide

### -----Introductie-----

Introductie aankondigen, vermelden dat we nu even wat puntjes voorgaan lezen en dat het een beetje formeel kan overkomen.

#### Achtergrond

- Introductie: Naam, studie, WUR
- Doel: Informatie en ervaringen verzamelen voor een project waarbij het eindproduct een adviesrapport is voor het maken van een stikstof leermodule
- Sponsor: Wageningen universiteit, de Wetenschapswinkel, Natuuropleiding
- Selectie van onderzoekspopulatie: Mensen die een jaaropleiding hebben gevolgd bij Natuuropleiding
- We hebben jouw contactgegevens doorgekregen van Monique van Natuuropleiding naar aanleiding van onze oproep voor geïnteresseerden voor ons interview.

#### Beloning

- De resultaten worden gebruikt om een beeld te krijgen van de mensen die potentieel interesse zouden hebben in een nieuwe leermodule over stikstof.
- Jouw bijdrage helpt ons met het ontwikkelen van ons eindproduct voor ons project voor het vak Academic Consultancy Training.

#### Kosten

- De geïnterviewde zal de vragen zou goed mogelijk proberen te beantwoorden. De geïnterviewde zal zo goed mogelijk diens ervaringen delen.
- Het interview zal tussen de 30 tot 60 minuten lang duren.
- Mogen we het interview opnemen? We zouden het interview graag willen opnemen zodat we later nog eens terug kunnen luisteren om het gesprek uit te typen (transcriberen). Dit helpt ons met het analyseren van de antwoorden.

#### **#Als het antwoord ja is dan begint de opname nu#**

- Anonimiteit: De interviews zijn anoniem. Dit betekent dat we je naam niet zullen vermelden bij onze verzamelde data of in onze verslagen. De interviews worden wel opgeslagen. Dit zal op een server van de Wageningen Universiteit gebeuren. De opnames kunnen dan nog gebruikt worden tijdens de volledige duur van dit project waar nu een jaar voor staat gepland. Nadat het project is afgerond worden de opnames verwijderd. De uitgeschreven transcripten van het gesprek zullen wel bewaard worden en kunnen openbaar gemaakt worden. **Ga je hiermee akkoord?**
- We zouden graag de mogelijkheid hebben om directe quotes te gebruiken voor ons verslag, bij communicatie buiten ons verslag om en voor het langere termijn project over de stikstof leermodule. Hierbij kan je kiezen om anoniem te blijven of om je naam bij de

quotes te vermelden. **Ga je hiermee akkoord? En wil je anoniem blijven in de quotes, wil je dat je naam vermeld wordt of heb je geen voorkeur.**

- Je mag het interview op elk moment stoppen. We zullen dan de opname ook stoppen.
- Je bent niet verplicht om antwoord te geven op vragen. Je mag ervoor kiezen om vragen over te slaan.

### Structuur

- Rol definiëren: dit gesprek zal een interview zijn. Mijn taak is om vragen te stellen en het als we van de vragen afwijken dan zal ik zorgen dat we weer terug naar de vragen gaan, jouw taak is om deze vragen te beantwoorden. **Ga je daarmee akkoord?**
- We starten eerst met vragen over je ervaring met Natuuropleiding, daarna zullen we doorgaan naar specifieke vragen die te maken hebben met de nieuwe leermodule.

## -----Start met de vragen-----

Inleidende vragen over natuur

1. Zou je ons wat over jezelf kunnen vertellen: leeftijd, baan, opleiding en gezinssituatie (alleen dingen vragen die we nog niet weten).
2. Wat betekent natuur voor jou?
  - a. Wat valt onder natuur?
  - b. Waar denk je aan bij natuur
  - c. Waar zie je natuur?
3. Op welke manieren kom jij in aanraking met natuur?
  - a. Heb je hobby's/carrière/opleiding die te maken hebben met natuur?
    - i. Op wat voor manier heeft natuur hiermee te maken?
  - b. Wat voor rol speelt natuur in jouw direct leefomgeving?
  - c. Wat voor rol speelde natuur in jouw jeugd?

De volgende vragen gaan over je ervaringen bij Natuuropleiding tot nu toe

4. Waarom heb je voor Natuuropleiding gekozen?
  - a. Wat was je doel hierbij?
5. Welke onderdelen van de opleiding is je het meeste bijgebleven?
  - a. Waarom is dit onderdeel je het meeste bijgebleven?
    - i. Heeft dit te maken met de manier van lesgeven of de inhoud?
  - b. Wat aan dit voorbeeld maakt dat je dit nu benoemt? (Voorbeelden doorvragen)
  - c. (Doorvragen op emoties)
6. Van welk onderdeel van de opleiding heb je het meeste geleerd?
  - a. Waarom heb je hier het meeste van geleerd?
    - i. Heeft dit te maken met de manier van lesgeven of de inhoud?
  - b. Wat aan dit voorbeeld maakt dat je dit nu benoemt? (Voorbeelden doorvragen)
  - c. (Doorvragen op emoties)

\*De volgende vragen zullen gaan over het onderwerp biodiversiteit\*

7. Waar denk je aan bij biodiversiteit?
  - a. Heeft biodiversiteit een waarde voor jou?
  - b. Heb je vragen bij biodiversiteit?
  - c. Doorvragen over verscheidenheid
  - d. Doorvragen als ze benoemen dat ze biodiversiteit belangrijk vinden.
    - i. Waarom is ... belangrijk?
  - e. Doorvragen over bepaalde feitjes/cijfers die ze benoemen

\*De volgende vragen zullen gaan over het onderwerp stikstof\*

8. Waar denk je als eerst aan bij stikstof?



- a. Zijn er nog andere dingen waar je aan denkt? (iets wat niet te maken heeft met de eerste associatie)
- b. Waar heb je over stikstof gehoord? (media, actualiteiten etc.)
- c. Wat voor rol heeft stikstof in de natuur?
  - i. En als er niet een overschot is?
- d. Voorbeelden vragen over plekken/processen waar stikstof voorkomt.
  - i. Waar zit stikstof in?

\*De volgende vragen zullen gericht zijn op de stikstofcrisis\*

9. Wat zijn je eerste gedachtes als je denkt aan de stikstofcrisis?
  - a. Op welke manier heb je kennisgemaakt met de stikstofcrisis?
  - b. Wat zijn jouw eigen opvattingen over de stikstofcrisis?
    - i. Wie zijn er verantwoordelijk voor het overschot aan stikstof?
      1. Waarom zijn zij verantwoordelijk?
    - ii. Op wie heeft de stikstofcrisis impact?
      1. Zou je een aantal groepen kunnen benoemen?

\*Dan zouden we nu graag nog even een brainstorm sessie met je houden over de module over stikstof. Deze wordt gemaakt voor Natuuropleiding. Alle ideeën zijn welkom!

10. Heb je ideeën voor de module over stikstof? Wat zou je willen leren over stikstof?
  - a. Heb je vragen over dingen die je over stikstof hebt gehoord, zo ja, wat dan?
  - b. Op wat manier zou je willen leren?
    - i. Les vormen
    - ii. Heb je specifieke voorbeelden of ideeën van les vormen?
    - iii. Zelf voorbeelden noemen:
      1. Je kunt bij lesactiviteiten denken aan:
        - a. Metingen doen in de bodem om te zien hoeveel stikstof er aanwezig is.
        - b. Een rollenspel waarbij je verschillende bedrijven of belanghebbenden speelt.
11. We zijn nu bij de afronding van het interview aangekomen, voordat de opname wordt beëindigt, willen we nog aan je vragen of je nog iets wil zeggen of iets kwijt wil? Hierna zullen we nog een korte samenvatting geven van het interview.

## -----Afronding-----

### Duidelijk aangeven dat de vragen voorbij zijn

- Zeggen dat alle vragen behandeld zijn
- Zeggen dat de opname nu gestopt wordt

### Korte samenvatting

- Uitleggen wat je in het laatste uur nou hebt besproken
  - Meer het doel uitleggen van dit interview. Deze antwoorden zullen gebruikt worden als inspiratie voor de lesmodule.

### Vragen om aanvullend materiaal

- Zeggen dat we graag feedback/mening krijgen van de geïnterviewden. Als de geïnterviewde niet of gelimiteerde feedback geeft kan je doorvragen:
  - *De inhoud*
  - *Interview stijl*

### Verwerken en gebruiken van materiaal

- De antwoorden zullen anoniem gebruikt worden (behalve als de persoon heeft aangegeven dat quotes met naam vermeld moeten worden). De opnames worden alleen beluisterd door mensen die werken aan het project over de stikstof leermodule. De opnames worden aan het einde van het project verwijderd.



### **Bedanken voor het interview**

- De geïnterviewde bedanken voor diens deelname aan ons project. We waarderen je deelname enorm.

### **Sociaal gesprek**

- Improvisatie

### A.3. Transcripten deelnemerinterviews

Wegens privacy van de deelnemers zijn transcripten alleen beschikbaar op aanvraag. Hiervoor kan contact worden gezocht met de opdrachtgever Lian Grabijn.

### A.4. Thematische data-analyse codes

Code	Thema's (Code Groups)
● Inspiratie eigen werk	Doelen
● Kennis opdoen	Doelen
● Netwerkmogelijkheid	Doelen
A.1 ● Vrije tijd/ plezier	Doelen
● Persoonlijke ontwikkeling	Doelen
● Blij	Emoties (positief)
● Enthousiast	Emoties (positief)
● Hoopvol (oplossingen)	Emoties (positief)
● Inspirerend	Emoties (positief)
● Verbonden gevoel	Emoties (positief)
● Angstig	Emoties (negatief)
● Boos	Emoties (negatief)
● Frustraties	Emoties (negatief)
● Schokkend	Emoties (negatief)
● Verdrietig	Emoties (negatief)
● Verloren gevoel	Emoties (negatief)
● Klimaat	Negatieve en positieve associaties
● Stikstof	Negatieve en positieve associaties
● Stikstofcrisis	Negatieve en positieve associaties
● Activiteiten binnen (+)	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Activiteiten buiten (+)	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● De beleving	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Manier van lesgeven (+)	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Na de opleiding	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Overige ideeën	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Specifieke lessen (+)	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Theorie die is bijgebleven	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Voorbeeld die is bijgebleven	Nuttige lesmethodes en ideeën voor de nieuwe lesmodule
● Les onderdelen die niet nuttig/ fijn waren	Overig
● Voorbeeld over biodiversiteit	Voorbeelden
● Voorbeeld over stikstof	Voorbeelden
● Voorbeeld over stikstofcrisis	Voorbeelden
● Voorbeelden in het algemeen	Voorbeelden



● Alternatieve concepties	Voorkennis
● Kennis over biodiversiteit en natuur	Voorkennis
● Kennis over stikstof en de stikstofcrisis	Voorkennis
● Opleiding	Voorkennis
● Werk	Voorkennis
● Interesse	Voorkennis
● Waarde biodiversiteit	Waarde
● Waarde natuur	Waarde
○ Persoonlijke informatie	
○ Verandering in gedrag	
○ Definitie natuur	
○ Hobby natuur	
○ Natuur in jeugd	
● Quote	

## Appendix B: Longlist activiteiten & locaties

### B.1. Activiteiten

Hieronder is een lijst te vinden met ideeën voor interactieve werkvormen die eventueel gebruikt kunnen worden in de module. Achter elk idee staat bij voor welk leerdoel het van toepassing is. Leerdoel 1 t/m 5 is hoofd, 5 t/m 10 is hart en 11+12 zijn handen.

#### Buiten:

- 1 Vergelijk variërende **natuurgebieden** met elkaar om deelnemers in te laten zien wat overeenkomsten en verschillen zijn (leerdoel 2, 3, 4). Dan ga je naar twee locaties die grote verschillen laten zien, of juist naar een locatie waarbinnen verschillen in biodiversiteit of een gradiënt van nutriënten te zien is. Voorbeelden zijn:
  - o Veel vs weinig biodiversiteit
  - o Hersteld gebied vs niet hersteld gebied
  - o Gradiënt van stikstofdepositie -> dan kun je van weinig naar veel lopen om zo graduele verschillen te laten zien
  - o Heide, vergraste heide en weiland -> gradaties laten zien in vergrassing
- 2 **Zoek in het bos** naar planten die stikstofminnend zijn (braam, gras, brandnetel) en planten die je niet meer veel ziet door stikstofdepositie (leerdoel 3 en 5). Hierbij kan uitleg gegeven worden over indicatorsoorten, of juist gefocust worden op handelingsperspectief, bijvoorbeeld door samen brandnetels weghalen.
  - o Ideeetje voor de laatste mogelijkheid: maak vervolgens samen brandnetelsoep van de geplukte brandnetels. Tip: zorg wel dat je ook de wortels uit de grond verwijdert.
- 3 Laat **wortelknolletjes** van planten zien, waarin stikstof gebonden wordt (leerdoel 3)
  - o Dit kan met plaatjes, maar is veel informatiever en leuker als deelnemers ze in het echt, in 3D, zien en ook kunnen voelen.
- 4 Laat **foto's** van natuurgebieden zien voor en na teveel stikstof/herstel. Laat deelnemers raden welke bij elkaar horen (leerdoel 3)
  - o Dit kost wat voorbereiding, maar zorgt ervoor dat je veel verschillende gebieden kunt zien zonder van hot naar her te moeten rijden
- 5 **Biodiversiteitsherstel en handelingsperspectief** (leerdoel 5, 12)
  - o Ga samen woekerplanten weghalen om te laten zien dat je zelf daadwerkelijk iets kunt doen om de biodiversiteit te herstellen.
  - o Laat deelnemers elke lesdag/week iets doen om het effect van stikstofdepositie te verminderen of om bewustzijn te creëren in hun sociale kringen.
- 6 Laat **voorbeelden** zien die mensen bijblijven, bijvoorbeeld vogeltjes met elastieken pootjes door kalk tekort. Dit is een leerzaam voorbeeld dat zowel laat zien wat er verder in de voedselketen gebeurt, als op de emotie inspeelt. Hierdoor bevordert het systeemdenken én wordt het beter onthouden doordat er gevoelens aan verbonden zitten (leerdoel 2, 3, 8).
- 7 **Begrippen oefenen**: Wie of wat ben ik?
  - o Dit is een voorbeeld van een opdracht waarbij je eerder geleerde kennis herhaalt. Bij deze spelvorm plak je iedereen een post-it met een begrip op zijn rug. Voorbeelden van begrippen zijn: ammoniak, wortelknolletje, verzuring, eutrofiëring, stikstofgas, indicatorsoort etc. Vervolgens moeten ze proberen te achterhalen wie of wat ze zijn. Dit doen ze door aan elkaar ja/nee vragen te stellen. Laat mensen vooral door elkaar heen lopen en maximaal 1 vraag achter elkaar aan dezelfde persoon mogen stellen. Zo moeten zo veel mogelijk mensen over zo veel mogelijk begrippen nadenken.
- 8 **Bezoek een boer** die de rol van stikstof op zijn boerderij uitlegt (leerdoel 4, 8, 9, 11)
  - o Dit kan gaan om een conventionele boer of een biologische boer. Ligt een beetje aan het lesonderdeel waarvoor je het gebruikt:
    - a Normale boer dicht bij Natura2000: hier kun je veel te weten komen over wetgeving, impact op het boeren bedrijf en invloed op natuurgebieden
    - b Melkveehouder: hier kun je veel leren over bronnen van stikstofuitstoot en bijvoorbeeld het ontstaan van ammoniak en uitspoeling.

- c Biologische boer: hier kun je veel leren over het toekomstperspectief (zou het de totale stikstof-uitstoot verlagen als iedereen biologisch gaat boeren?) en over hoe deze boeren omgaan met biodiversiteit.
    - o Optioneel: kook met voedsel dat is meegenomen van de boerderij
- 9 Speel een **kwartet** over biodiversiteit of een ander onderwerp
  - o Dit is een ander voorbeeld van een opdracht waarbij je eerder geleerde kennis ophaalt. Je kunt een kwartet spelen over bijvoorbeeld biodiversiteit of herstelmogelijkheden. Voorbeelden van kwartetten zijn: categorie indicatorsoorten – bramen, brandnetels, ridderzuring en pijpenstrootje en categorie duinen – plaggen, maaien, grazen en opnieuw verstuiven van zand.
- 10 Maak een **foto van je favoriete natuur** (leerdoel 3, 4)
  - o Dit kan voorafgaand aan de module een opdracht zijn: maak een foto van je favoriete natuur. Dit kan gebruikt worden in de discussie: wat is natuur en biodiversiteit voor jou? (zie advies, dag 2). Vervolgens wordt hier op de laatste dag van de module weer op ingegaan. Iedereen moet dan bij zijn eigen foto bedenken wat het effect van stikstof is in dit natuurgebied. Hierover kan je daarna in kleine groepjes of klassikaal in gesprek gaan.
- 11 Laat deelnemers een **actieplan** opstellen voor een bezocht gebied (leerdoel 5, 12)
  - o Dit kan pas na de uitleg van herstelmogelijkheden! Op het moment dat je naar een kwetsbaar gebied geweest bent of wanneer je er nog aanwezig bent wordt er aan de deelnemers gevraagd welke mogelijkheden van herstel ze zien voor het gebied. Hiervoor stellen ze een aantal actiepunten op: wat is het doel qua biodiversiteit? Hoe is dat te bereiken? En hoe wordt ervoor gezorgd dat het na herstel niet terugkeert naar de huidige staat? Dit kan individueel voor de deelnemers die de uitdaging aan willen gaan, of in groepsverband zodat ideeën elkaar kunnen aanvullen.
- 12 Bekijk de **gezondheid van bomen** (leerdoel 3)
  - o Eiken kunnen normaal enorme boomkronen maken, zo dicht dat ze het licht tegenhouden voor kleine planten op de grond. Door een te veel aan stikstof in de grond, kunnen eiken dit niet meer. Hierdoor zitten er minder bladeren in de boomkroon en krijgen kleine planten (voornamelijk bramen) op de grond meer licht. Als het regent komt er meer water door de bomen heen en wordt je natter dan wanneer er minder stikstof in de bodem zit. Als het tijdens de ecologie-dag regent is het leuk om dit te vertellen, want mensen ervaren het dan direct.
- 13 **Tikkertje**/veroveren waarbij deelnemers plant zijn opzoek naar stikstof en andere nutriënten (leerdoel 2)
  - o Dit is een actief spel dat goed uitgedacht én uitgelegd moet worden voordat het nuttig kan zijn. Een mogelijkheid is om een twee mensen plant te maken. Deze mensen moeten op zoek naar voldoende nutriënten om te groeien (als je kan groeien wint je). Alle andere deelnemers zijn nutriënten. In ronde 1 zijn er bijvoorbeeld 3 categorieën nutriënt: stikstof, calcium en fosfor (van alles 2 aanwezig, dus 8 deelnemers in totaal nodig). Als plant moet je van alle 3 eentje aftikken om te winnen. In ronde 2 mag iedereen meedoen. Zij worden allemaal stikstof. Dat betekent dat er maar een klein beetje calcium en fosfor is, maar heel veel stikstof. Prima zou je denken, maar het spel is niet helemaal eerlijk. Een van de planten is stikstof minnend en eentje niet. De stikstof minnende plant mag ook 3x stikstof aftikken in plaats van 3 verschillende nutriënten om te winnen. -> dit spel symboliseert de oneerlijke concurrentie die 'normale' planten ondervinden bij een stikstofoverschot.
  - o Een andere vorm van tikkertje kan de oneerlijke competitie illustreren. Twee tikkers: een tikker kan sneller rennen dan de andere (bijvoorbeeld 2 stappen versus 1 stap per seconde). Aan het einde wint de tikker die de meeste mensen heeft afgetikt.

## Chemisch:

- 14 Laat deelnemers **thuis planten groeien** voor een competitie-experiment om het concept van verdringing duidelijk te maken. Maak hier een experiment van met verschillende condities; veel/weinig stikstof, met/zonder concurrentie. (leerdoel 2)

- Na lesdag 1 krijgen deelnemers allemaal wat zaadjes en stikstof mee naar huis met specifieke instructies. Hoe en wat precies moet uitgewerkt en uitgetest worden (zie discussie). Ideeën zijn om zaadjes van twee verschillende planten mee te geven. Eén plant is dan stikstof minnend en de andere groeit goed bij weinig stikstof. Sommige deelnemers groeien plant 1 met en zonder extra stikstof. Anderen groeien plant 2 met en zonder extra stikstof. Anderen groeien plant 1 en 2 samen met en zonder extra stikstof. De tijd die tussen lesdag 1 en lesdag 3 moet zitten, hangt af van hoe snel de gekozen planten groeien, wat weer afhangt van het seizoen waarin de module gegeven wordt. Maar het idee is dat op lesdag 3 iedereen zijn planten meeneemt (of foto's ervan) en dat er verklaringen gezocht worden voor de observaties.
  - Alternatief: het is vrij ingewikkeld om twee planten te vinden die beide even snel ontkiemen en vergelijkbaar competitief zijn, maar een andere stikstofgift behoeven. Daarom zou dit experiment ook puur gericht kunnen zijn op competitie en verdringing. In dat geval is het alleen nodig om een snelgroeiende en langzaam groeiende plant te vergelijken: bijvoorbeeld tuinkers of tarwe (snelgroeiend) vergeleken met sla of tomaat (langzaam groeiend).
- 15 Laat deelnemers voor de eerste dag iets **meenemen waar stikstof inzit** (leerdoel 1).
- De meeste mensen denken wel aan iets als ze het woord stikstof horen. De vraag aan de deelnemers is om voor lesdag 1 iets van thuis mee te nemen waar stikstof in zit. Dit mag van alles zijn. Het heeft als doel om voorkennis te activeren door deelnemers alvast 1 minuut na te laten denken over wat stikstof nou eigenlijk is. Daarnaast is het een mooie gespreksopener op dag 1: stel jezelf even voor en vertel wat je meegenomen hebt en waarom. Het is direct een bruggetje naar het eerste onderwerp: namelijk wat is stikstof nou eigenlijk en waar kun je het vinden. Dingen die deelnemers mee zouden kunnen nemen (maar dat moet je ze natuurlijk niet vertellen), zijn planten, vlees, ammonia etc.
  - Als aanvulling hierop kan de docent verschillende voorbeelden meenemen van objecten waarbij je niet verwacht dat er stikstof in zit: gloeilamp, slagroomsput, een (leeg) lachgaspatroon etc.
- 16 **Ruiken:** laat deelnemers ammoniak ruiken en stront (leerdoel 4).
- Bij ammoniak is het lastig voor te stellen wat het nou precies is in de natuur, want het is niet vloeibaar zoals schoonmaak ammonia. Urine en mest samen vormt ammoniak en dit heeft dezelfde geur als ammonia. Laat deelnemers dit na elkaar ruiken om ze het verband te laten leggen.
- 17 **Stikstofkringloop:** (leerdoel 1)
- Uitleggen door mensen dit te laten tekenen terwijl de docent vertelt
  - Een andere optie is om als oefening iedere deelnemer een onderdeel van de kringloop te laten zijn. Dit kan als oefening direct na de uitleg, of als herhalingsopdracht aan het begin van lesdag 2.
    - Iedereen krijgt een briefje waarop staat wat diegene is ( $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO_2^-$ , nitrificerende bacteriën, plant, lucht etc.)
    - Ze moeten door elkaars handen vast te houden connecties weergeven, dus bijvoorbeeld: de nitrificerende bacterie pakt de handen vast van ammonium en nitriet. Dan heb je ook nog locaties zoals de lucht. Deze persoon wijst naar iedereen die op diens plek voorkomt. Dus lucht wijst naar ammonium, stikstofgas en stikstofdioxide.
    - Maak een foto hoe ze samen de kringloop uitbeelden
  - De stikstofkringloop kan ook heel tastbaar gemaakt worden met een VR experience. Je bent zelf het stikstofmolecuul en maakt een reis door de kringloop: je zweeft eerst in de lucht, gaat de bodem in, reageert tot andere stoffen en beland uiteindelijk in een plant. Waarna je begint aan je reis door de voedselketen: van plant, naar dier, naar mens, tot je in het riool beland en weer de lucht in verdwijnt. Als dit ontworpen en ontwikkeld gaat worden, moet hier iemand met ervaring of een bedrijf voor ingeschakeld worden.
- 18 **Bodemprocessen** laten zien door middel van proefjes. Belangrijk is dat er voor het proefje nagedacht wordt over wat deelnemers verwachten dat de uitkomst is -> hypothese opstellen door naar omgevingsfactoren te kijken (leerdoel 3).



- Ninhydrine kleurt paars als het stikstof detecteert -> doe een beetje grond in een bekeerglas en doe wat kraanwater in een ander bekeerglas. Vraag aan deelnemers wat ze verwachten als je er een stikstof indicator bij doet. Voeg er Ninhydrine aan toe om stikstof aan te tonen (kleurt paars).
    - Dit kun je op verschillende locaties doen met verschillende bodemsoorten (stikstofarm/stikstofrijk). Of er daadwerkelijk verschil te zien is moet nog uitgetest worden.
  - Een vergelijkbaar proefje kan gedaan worden om calcium aan te tonen. (Verdund) zoutzuur laat kalk in de bodem bubbelen, dus als je zoutzuur aan bodem toevoegt kun je zien of er veel of weinig kalk in zit.
  - pH in de bodem meten om verzuring aan te tonen. Ook bij dit proefje is het aan te raden om even te testen of dit werkt met bodem die je met water mengt en lakmoespapier. Want een pH-meter meenemen, een stopcontact en bufferoplossingen om te kalibreren is ondoenlijk.
- 19 Laat deelnemers hun **eigen stikstofuitstoot** berekenen (leerdoel 6). Tijdens lesdag 1 met de uitleg van de kringloop en bronnen van stikstof is het interessant om deelnemers zelf hun aandeel in stikstofuitstoot te laten berekenen. Dit geeft bewustwording, vooral als het vergeleken wordt met de jaarlijkse uitstoot van industrie en veehouderij in Nederland. Dingen om te berekenen zijn:
- NO<sub>x</sub> uitstoot van hun autorit naar de excursielocatie
  - Stikstof in hun eigen maaltijd (eiwit) en ontlasting (onafgebroken eiwit en hoofdzakelijk ureum in urine).
  - Een andere opdracht die bewustwording van de eigen leefstijl bevordert is om een dag zo stikstofarm mogelijk te leven. Dit is echter wel een tijd en moeite intensieve huiswerkopdracht.

### Stysteem:

- 20 **Stakeholderkwartet** (leerdoel 8)
- Dit is hetzelfde als een kwartet over biodiversiteit of toekomstperspectief, maar dan meer gefocust op belanghebbenden en hoe die met elkaar verweven zitten.
- 21 **Theatre of the oppressed** (leerdoel 8)
- Laat deelnemers verschillende belanghebbende in de stikstofkringloop uitbeelden. Boeren, regering, maar ook verschillende soorten zoals brandnetel of soorten die slecht gaan met veel stikstof. Vervolgens laat je iedereen met elkaar in gesprek gaan en real-life situaties uitbeelden.
- 22 **Serious game:** een game/spel die het aanleren van nieuwe vaardigheden leuk maakt. Dit komt doordat beloningen stimulerend werken.
- Hier kan heel veel onder vallen. Bijvoorbeeld tikkertje of een kwartet, maar ook een VR game. Het gaat erom dat mensen spelenderwijs in een andere context leren. Concrete ideeën hiervoor zijn nog niet aanwezig.
- 23 **Rollenspel** met verschillende belanghebbenden (overheid, boswachter, boer). Ontdekken andere perspectieven (leerdoel 8, 11).
- Vergelijkbaar met Theatre of the oppressed.
  - Vervolgens kan er ingegaan worden op wat iedereen's eigen mening is, maar het is dus de bedoeling dat deelnemers tijdens het rollenspel de rol van iemand anders aannemen en niet hun eigen mening verkondigen.
- 24 De dagelijkse **potluck** kan ook gebruikt worden als lesmoment:
- Laat deelnemers vertellen waar hun zelfgemaakte eten vandaan komt en hoe het is gegroeid (bewustwording agrarisch systeem) (leerdoel 4, 6)
  - Kijk of er voor de producten die zijn gebruikt ook dingen (veevoer) is geïmporteerd naar Nederland/of deze producten veel worden geëxporteerd (leerdoel 4, 6)
- 25 Bezoeken van een haven of een voedselgroothandel om een beeld te krijgen bij de grote hoeveelheid import en export van voedsel in Nederland

### Emotie:

- 26 Laat deelnemers met elkaar in **gesprek** gaan (leerdoel 7, 8, 9, 10, 11)
- Aan het begin en eind van de cursus om te kijken of en hoe de module hun beeld over stikstof heeft veranderd.

- Via een serious game: eerst de game individueel of in groepjes spelen. Daarna terugkoppelen via een gesprek.
  - Over natuurwaarde: wat betekent natuur voor de deelnemers? Neem een voorwerp mee waaraan je denkt bij natuur of maak een foto van jouw lievelings stukje natuur en ga vervolgens met elkaar in gesprek hierover (leerdoel 7).
  - Laat deelnemers bespreken hoe ze zich voelen bij het onderwerp stikstof. Bijvoorbeeld via een methode die truth mandela heet (verdriet, woede, angst en leegte) (leerdoel 10).
- 27 **Meditatie/observatie** in natuurgebied (leerdoel 9).
- Begeleid deelnemers bij verschillende aspecten van het natuurgebied tijdens de meditatie. Hierdoor worden ze zich bewust van hun gevoelens rondom de natuur.
- 28 Gebruik een **atelier** als leslocatie eventueel begeleid door iemand van de kunstacademie.
- Deelnemers kunnen met natuurlijke materialen een tekening/schilderij maken. Dit kan gaan over iets theoretisch als de stikstofkringloop, of juist op emotie gefocust: maak een schilderij dat jouw gevoel rondom stikstof weergeeft.
  - Het is leuk om natuurlijke materialen te gebruiken (verf van natuurlijke pigmenten, of houtskool), of verf die stikstof uit de lucht kan halen (KNO<sub>x</sub>OUT)
- 29 Laat deelnemers met **andersdenkenden in hun eigen omgeving** praten. Wat vindt/weet die persoon van stikstof? (leerdoel 8, 9, 11)
- Koppel dit in de volgende les terug: heeft het je tot nieuwe inzichten gebracht? Wat voelde je tijdens dit gesprek?

### Aanvullingen:

- 30 De keuken in met een **moleculair chef**
- Bij een moleculair chef kan stikstof visueel gemaakt worden. Hij gebruikt stikstof in de keuken en kan dit uitleggen en aan deelnemers laten zien (misschien ze het zelf wel laten doen). Bij het koken is het belangrijk dat het niet alleen maar leuk is, maar er wel een boodschap meegegeven wordt, bijvoorbeeld: stikstof is "een ingrediënt van het leven" en dus zeker niet altijd een probleem.
  - De keuken kan ook als metafoor voor het stikstofoverschot in Nederland gebruikt worden. Je gebruikt ingrediënten die deels in het gerecht terecht komen en deels weggegooid worden. In dit geval is de keuken Nederland, het groenafval is stikstofdepositie, de buitenlandse ingrediënten zijn geïmporteerd in Nederland. Aan het eind van de maaltijd kan het groenafval verzameld worden. Zo kunnen deelnemers de link leggen met stikstofdepositie in Nederland: er komt veel stikstof Nederland binnen door voer en kunstmest te importeren, maar niet alles komt in producten terecht, wat voor stikstofdepositie zorgt. Daarna kunnen deelnemers in gesprek gaan over de beste oplossing om de hoeveelheid groenafval te verminderen: minder koken? Andere ingrediënten gebruiken? Zorgvuldiger met ingrediënten omgaan? Etc.
- 31 **Biodiversiteit tellen** om te voorspellen hoe gezond de natuur is op deze locatie
- De biodiversiteit van de bodem zegt iets over de gezondheid van die bodem. Hoe meer schimmels, bacteriën en wormen etc. erin leven, hoe gezonder. Je kunt schimmels en bacteriën niet gemakkelijk tellen, maar kleine diertjes zijn gemakkelijker te tellen. Graaf bijvoorbeeld een stukje bodem van 10 dm<sup>3</sup> uit en leg dat even tijdelijk in een bakje of op een bord. Vervolgens tel je hoeveel verschillende soorten in dit stukje grond zitten en hoeveel individuen per soort. Eventueel kun je deelnemers een bodemleven zoekkaart geven zodat ze ook daadwerkelijk de dieren op soort kunnen benoemen. Dit kun je herhalen en vergelijken bij verschillende bodems om een conclusie te trekken over de gezondheid en dus de hoeveelheid stikstof in de bodem.
  - Dit zelfde kan bovengronds gedaan worden in een grasland of bos. Je zet dan met een touwtje een stuk grond af van ongeveer 30 bij 30 centimeter en laat deelnemers de hoeveelheid verschillende soorten en individuen per soort tellen. Je zult zien dat er meer mieren en kevers leven op plekken waar de natuur 'gezonder' is. Ook hier kun je een zoekkaart gebruiken voor het gebied waar je bent en verschillende locaties (die wel ongeveer hetzelfde ecosysteem hebben) onderling vergelijken.
- 32 **Factsheet over stikstof** die deelnemers mee naar huis kunnen nemen

- o Deelnemers hebben aangegeven dat het fijn is om na een lesdag nog wat informatie mee naar huis te nemen die ze kunnen nalezen. Een A4'tje met daarop de belangrijkste informatie over stikstof is hiervoor ideaal. Bijvoorbeeld met een plaatje van de stikstofkringloop, wat percentages over bronnen van uitstoot, indicatorsoorten (met plaatjes erbij!) en wat molecuulformules van stikstofoxiden, ammoniak en stikstofgas.

## B.2. Locaties

Deze lijst bevat per habitattype een aantal natuurgebieden en een algemene lijst met breed toepasbare locaties. Een groot deel van de natuurgebieden zijn Natura 2000 gebieden, waar herstelmaatregelen worden of zijn toegepast. Deze locaties zijn suggesties gebaseerd op informatie van expertgesprekken, literatuur, Monique Könings en de Natura 2000 website. In sommige gebieden komen meerdere habitattypen voor, deze kunnen gecombineerd worden om effecten inzichtelijk te maken.

### Effecten stikstof & herstel

#### Kalkgraslanden

Geuldal (Limburg)

Bemelerberg (Limburg)

#### Engels raaigrasland

Monocultuur; soorten-arm landbouwgebied:

Binnenveld Wageningen/Utrecht (Gelderland/Utrecht)

#### Blauwgraslanden

Binnenveld Wageningen/Utrecht (Gelderland/Utrecht)

Weerribben/Wieden (Overijssel/Friesland)

Korenburgerveen (Gelderland)

Veluwe (Gelderland)

Schraallanden langs De Meije (Utrecht/Zuid-Holland)

#### Eikenbossen

Hoge Veluwe (Gelderland)

Drentse Aa (Anloër strubben) (Drenthe)

Geuldal (Limburg)

#### Duinvalleien

Luchterduinen (Noord-Holland)

Duinen Den Helder-Callantsoog (Noord-Holland)

#### Stuifzand

Kootwijkerzand (Gelderland)

Maasduinen (Limburg)

Noordwijkse duinen (Zuid-Holland)

Meeuwenduinen (Zeeland)

#### Hoogveen

Korenburgerveen (Gelderland)

De Peel (Noord-Brabant)

Bargerveen (Drenthe)

#### Laagveen/trilvenen

Weerribben/Wieden (Overijssel/Friesland)

Oostelijke Vechtsplassen (Utrecht)

Binnenveld Wageningen/Utrecht (Gelderland/Utrecht)

#### Droge heide

Ginkelse & Edese heide (Gelderland)

### Algemeen

Akkerbouwbedrijf Saalland (Lelystad)

Avolare (Doorwerth)

Het Groentelab (Doorn)

