

Van Stikstof naar Systeemfout.

Een analyse van KDW's en voorzorg in de Nederlandse stikstofmodellen

Samenvatting

In beleidsdocumenten en bestuurlijke communicatie wordt vaak een directe relatie verondersteld tussen Kritische Depositiewaarden (KDW's) en biodiversiteitsstatus, evenals met het verslechtingsverbod uit artikel 6 lid 3 van de Vogel- en Habitatrichtlijn. Uit de internationale wetenschappelijke literatuur blijkt echter dat deze relatie contextafhankelijk is en niet zonder meer eenduidig empirisch kan worden vastgesteld voor Nederlandse Natura 2000-gebieden onder actuele omstandigheden.

Desondanks zijn KDW's in de Nederlandse vergunningenpraktijk in belangrijke mate verabsoluteerd tot zelfstandig beslissingscriterium, waarbij modeluitkomsten (zoals AERIUS-berekeningen) een centrale rol spelen in situaties waarin oorspronkelijk een bestuurlijke risicoafweging was voorzien. Deze paper beargumenteert dat KDW's, zoals toegepast in de Nederlandse context, zonder expliciete contextcorrectie en validatie slechts beperkt geschikt zijn als directe indicator voor biodiversiteitsverandering. Dit hangt samen met de sterke afhankelijkheid van ecosysteemrespons van achtergronddepositie, hydrologische omstandigheden en lokale systeemkenmerken.

Daarnaast laat de analyse zien dat in de huidige model- en beleidspraktijk meerdere vormen van impliciete voorzorg zijn ingebouwd. Deze manifesteren zich onder meer in conservatieve aannames, vereenvoudigingen en worst-case benaderingen binnen modellen, in de wijze waarop achtergronddepositie wordt behandeld, en in de juridische toepassing van normwaarden zonder bandbreedte of bestuurlijke weging. In samenhang kunnen deze elementen worden opgevat als een vorm van gestapelde voorzorg, waarbij de mate van voorzichtigheid cumulatief toeneemt zonder dat deze expliciet wordt gekwantificeerd of afgewogen.

De gevoeligheid van modeluitkomsten voor parameterkeuzes wordt geïllustreerd met rekenvoorbeelden. Deze voorbeelden tonen dat impliciete voorzorgcomponenten kunnen leiden tot aanzienlijke verschillen in berekende stikstofbelasting. Zij zijn nadrukkelijk illustratief en beogen inzicht te geven in modelgevoeligheid, niet om empirische schattingen van feitelijke stikstoffluxen te leveren.

Voorts wordt, op basis van internationale literatuur, betoogd dat stikstofgevoeligheid een duaal en dynamisch karakter heeft: ecosystemen reageren 'als gevoelig' zowel op toenames als op afnames van stikstofbeschikbaarheid. Tegen deze achtergrond wordt zichtbaar dat de toepassing van het voorzorgsbeginsel in de Nederlandse praktijk zich primair richt op mogelijke negatieve effecten van toenames, terwijl mogelijke effecten van langdurige dalingen minder expliciet worden beschouwd.

Dit kan worden geïnterpreteerd als een asymmetrische toepassing van voorzorg; een die vragen oproept ten aanzien van proportionaliteit en consistentie binnen het Europese rechtskader.

De paper concludeert dat de huidige toepassing van KDW's en modellen kan leiden tot een systematische vertekening in de beoordeling van stikstofeffecten, doordat onzekerheden, contextafhankelijkheid en systeemdynamiek onvoldoende expliciet worden meegenomen. In dat licht wordt voorgesteld om ecologische beoordeling sterker te baseren op monitoring van systeemrespons en om modeluitkomsten te positioneren als ondersteunend hulpmiddel in plaats van als zelfstandig juridisch criterium.

Een mogelijke uitwerking hiervan is de introductie van een 'Stikstof-Gevoeligheids-Indicator' (SGI), die veranderingen in depositie relateert aan de lokale systeemtoestand en herstelcapaciteit. In een dergelijke benadering vormt overschrijding van een referentiewaarde niet op zichzelf een zelfstandige grond voor het aannemen van significante effecten, maar wordt deze beoordeeld in samenhang met gebiedsspecifieke ecologische informatie. Hiermee kan een betere aansluiting worden bereikt tussen wetenschappelijke inzichten, ecologische realiteit en juridische proportionaliteit.

In die zin leidt de toepassing van de stikstofmodellen in hun huidige vorm tot een structurele, systemische overschatting van risico's in de beleids- en besluitvormingspraktijk.

Inleiding en setting

Tot aan het jaar 2017, was de rapportage naar de EU Commissie betreffende en de Staat van Instandhouding van de Nederlandse Natura-2000 gebieden, overwegend gebaseerd op Natuurmonitoring volgens de daartoe gegeven Leidraad 2014. De uitkomsten gaven aan dat de Nederlandse natuur, inclusief de stikstofgevoelige natuurgebieden in redelijk goede staat verkeerden en ook goede perspectieven kenden om dat ook zo te behouden naar de toekomst. Na dat jaar werd echter overgestapt naar een minder bewerkelijke en goedkopere modelmatige computerrapportage gebaseerd op AERIUS met daarin een centrale voor de KDW; de Kritische Depositie Waarde voor stikstof. Vanaf dat moment waren de toekomstperspectieven per direct verslechterd, en stonden in vrijwel alle Natura2000-gebieden de seinen op rood. In het Nederlandse stikstof- en natuurbeleid wordt de kaderstelling vaak gepresenteerd als een onvermijdelijk gevolg van "wetenschappelijke inzichten", "Europese verplichtingen" of "jurisprudentie". Deze voorstelling verhuult een cruciaal onderscheid: **Europese richtlijnen formuleren doelen, wetenschap beschrijft risico's en processen, maar de overheid bepaalt hoe deze doelen normatief, juridisch en bestuurlijk worden vertaald.** De Europese Unie werkt in het natuur- en milieudomein consequent met **doelverplichtingen** en daarom is de keuze om **kritische depositiewaarden (KDW's)** te hanteren als **harde juridische norm** een vergaande nationale interpretatie en daarmee **geen Europese verplichting**. De Vogel- en Habitatrichtlijn verplicht lidstaten onder meer tot het vaststellen van instandhoudingsdoelen, het

voorkomen van verslechtering en het treffen van passende maatregelen indien significante effecten dreigen.

De richtlijn schrijft niet voor welke modellen moeten worden gebruikt, welke normwaarden juridisch doorslaggevend zijn, hoe onzekerheid moet worden behandeld of hoe kleine bijdragen moeten worden beoordeeld. De keuze om kritische depositiewaarden (KDW's) te hanteren als harde juridische norm is daarmee geen Europese verplichting, maar een nationale hyperinterpretatie.

Nederland behoort tot de uitzonderingen in Europa in de zin dat het KDW's structureel juridisch verabsoluteert in vergunningverlening voor haar natuurbeleid en daarmee sterk leunt op modellen en proxy's. Dit was niet het geval bij de laatste rapportage naar de EU Commissie in 2017, die nog hoofdzakelijk op Natuurmonitoring, ecologisch onderzoek en tellingen in het veld was gebaseerd. En Nederland realiseert zich onvoldoende dat de rapportage over de "slechte staat" van de natuur sterk wordt beïnvloed door KDW-overschrijding als indicator; in die zin is met AERIUS en de KDW mogelijk niet het best denkbare alternatief voor Natuurmonitoring gekozen.

Deze paper richt zich daarom ook op de eigenschappen en karakteristieken van deze twee hoofdrolspelers in de huidige stikstofcrisis, naast hun onderlinge relatie en hun samenspel met het verschijnsel "stikstofgevoeligheid"

Wat Kritische Depositiewaarden wél zijn – en wat niet

Het stikstofbeleid in Nederland draait om het beschermen van 'de stikstofgevoelige' natuur. Hierbij is de heersende notie uit het narratief, dat wegens te *hoge (berekende) stikstofemissies*, en de daarbij behorende *stikstofdeposities*, die ook als te hoog worden berekend, in de diverse Natura-2000gebieden de stikstofgevoelige natuur verloren gaat, op *omvallen staat* of nog erger, dat Nederland daarmee het *Verslechtingsverbod uit de VHR schendt*.

Te hoog in ecologische termen, lijkt een relatief begrip maar in de Nederlandse praktijk wordt elke depositie die *boven de KDW uitkomt als prohibitief* beschouwd; het is daarmee tot een *harde juridische grens in de Nederlandse omgevingswet* verworden.

Dat is des te merkwaardiger gezien het feit dat de meest KDW's die van toepassing zijn op Nederlandse Natura2000gebieden, door de grote moeite die Nederlandse onderzoekers ondervonden ten gevolge van de *hoge achtergronddeposities*, afkomstig zijn van buitenlandse bepalingen en/of metingen.

Dat dit mogelijk tot ernstige uitglijders kan leiden, wordt in Annex 1) verduidelijkt. De hierboven *cursief gemarkeerde* begrippen blijken volgens buitenlandse gepubliceerde onderzoeken, op een andere wijze gedeut te moeten worden dan de manier waarop dat nu gebeurt in het Nederlandse narratief. Een kernfout in het stikstofbeleid bevindt zich in een technisch fenomeen dat zelden expliciet wordt gemaakt: *de relatieve respons*, een fenomeen dat op het volgende neerkomt: *een*

lagere detecteerbaarheid van effecten bij hoge achtergronddepositie impliceert geen afwezigheid van ecologische impact, maar een lagere signaal-ruisverhouding in monitoring en experimenten.

Het principe berust er namelijk op dat indien bijvoorbeeld één kilo stikstof toegevoegd wordt aan een vrijwel onbelast ecosysteem, dat dit een grote procentuele verandering vertegenwoordigt. De effecten ervan worden snel zichtbaar; er kunnen fenotypische veranderingen in de vegetatie optreden, bodemprocessen kunnen veranderen, soortenverhoudingen kunnen veranderen, etc..

Een exact dezelfde toevoeging aan een systeem dat al decennia lang hoog belast is, leidt dan tot een kleinere relatieve verandering. De extra input verdwijnt in een grote achtergrondstroom. Effecten zijn trager, moeilijker meetbaar, soms tijdelijk onzichtbaar.

Dat verschil zegt in de eerste plaats iets over meetgevoeligheid, maar zeker niet over de 'stikstofgevoeligheid' (beide systemen reageren als 'gevoelig') of de ecologische kwetsbaarheid.

De conclusies uit, en consequenties afkomstig van, annex 1) zijn echter vérdragend:

- 1) Het begrip 'relatieve respons grootte' maakt duidelijk dat de in Nederland geldende KDW's geen maat zijn voor de stikstofgevoeligheid zoals de wetgever pretendeert.
- 2) KDW's gemeten bij een lage achtergronddepositie kunnen niet maatgevend zijn voor gebieden met een langdurige hoge achtergronddepositie omdat de hoogte van dit niveau zelf ook invloed op de uitkomst kan hebben.
- 3) Hoewel dit reeds impliciet volgt uit 1) en 2) is de volgende verbijzondering alleszeggend: voor Nederlandse natuurgebieden geldt dat zonder inclusie van de actuele achtergronddeposities en de aanwezige activiteit van het 'eigen' microbiom, KDW's *zonder aanvullende validatie en contextcorrectie methodologisch ongeschikt zijn om te dienen als zelfstandig juridisch beslissingscriterium.*

De voorzorgsarchitectuur; gestapelde voorzorg in het hart van de modelsystemen

Binnen het huidige juridische en modelmatige kader wordt het voorzorgsbeginsel primair toegepast bij toenames in depositie, terwijl ecologisch gezien ook dalingen relevante systeemreacties kunnen hebben. (zie ook Annex 3) Nederland blijkt daarnaast in het stikstofbeleid niet te werken met één voorzorgsbeginsel, maar is er sprake van een ingebouwde voorzorgsarchitectuur die tot stapeling leidt. (zie Annex 2)

Eerst is er wetenschappelijke voorzorg in de modellen zelf: conservatieve aannames, vereenvoudiging, ongenueanceerdheid en worst-case-benaderingen. De huidige toepassing vergelijkt additionele depositie met een generieke drempel, terwijl de reeds aanwezige achtergrondbelasting slechts impliciet wordt meegenomen bij de overschrijding ervan, zonder correctie voor verwerking, verwijdering, buffering of adaptatie via het microbiom.

Vervolgens is juridische voorzorg toegevoegd: Kritische Depositiewaarden functioneren als harde normen, zonder bandbreedtes en zonder bestuurlijke afweging.

Daarbovenop ligt ook nog de procedurele voorzorg: in vergunningverlening wordt een epistemisch geringe hoeveelheid van 0,005 mol N/ha/jr. nog als een absolute zinvolle waarde beschouwd. Hiermee wordt iedere minimale fysiologisch onbeduidende extra hoeveel stikstof tot een reëel risico bestempeld. En dat binnen een context waarin gedurende een periode van 32 jaar, van 1987 tot 2019 de hoeveelheid voor planten beschikbare (depositie-)stikstof met bijna. 1300 mol/ha/jr. is afgenomen. Hiervoor hoeven slechts de RIVM cijfer worden geconsulteerd.

Samen transformeren deze lagen van gestapelde voorzorg een risicokader tot een automatisch stopmechanisme.

In Annex 2) wordt dit gegeven wetenschappelijk geduid en wordt tevens de mate van voorzorg gekwantificeerd: door de gestapelde voorzorg 'bevindt' zich een flinke hoeveelheid depositiestikstof in de modellen, mogelijk zelfs ter grootte van de totale Nederlandse depositie-hoeveelheid/ha/jr.

Voorts representeert het 'buiten beschouwing laten' van de achtergronddepositie, zoals toegepast bij de vaststelling van de 'Nederlandse KDW's' eveneens een vorm van 'verborgen voorzorg' hoewel deze vrij zichtbaar is voor eenieder die dit zien wil.

Een andere consequentie hiervan, ook met het '*relatieve respons principe*' in het achterhoofd, is dat de 'Fictieve KDW' van natuurgebieden met een langdurige historie van hoge stikstofdepositie, hoger kan zijn dan deze depositieniveaus, immers de in Annex 2) geschetste natuurlijke processen leiden ertoe dat biodiversiteit-beïnvloedende-effecten mogelijk pas optreden bij stikstofdoseringen die daar noodzakelijkerwijs weer boven liggen. En dat veelgenoemde verschijnselen als 'vermesting en verzuring' dus primair in de modellen voorkomt en daarbij in de natuur niet kunnen worden nagewezen.

Het hoofdprincipe blijft echter dat het stapelen van voorzorg wetenschappelijk niet onderbouwd wordt als zijnde gepast hetgeen in het stikstofdossier leidt tot een disproportionaliteit in de vergunningenpraktijk zonder dat duidelijk is of de toegepaste voorzorgsprincipes inmiddels nog proportioneel bijdragen aan de ecologische bescherming.

Stikstofgevoeligheid in Ecosystemen: een duaal concept

Ecosystemen reageren niet als een lichtschemel; stikstof werkt cumulatief, traag en contextafhankelijk. Wat een extra kilo stikstof doet, hangt af van bodem, microbiom, hydrologie, beheer en geschiedenis, inclusief de depositie-historie, die dus invloed kan hebben op de 'KDW'.

Daar komt bij dat ecosystemen interne mechanismen hebben om overschotten te verwerken: microbiële binding, buffering, denitrificatie, opslag. Stikstof is evolutionair altijd een van de

belangrijkste beperkende factor voor plantengroei geweest. Juist daarom hebben ecosystemen mechanismen ontwikkeld om met schommelingen om te gaan.

Dat betekent ook iets wezenlijks voor het begrip 'stikstofgevoeligheid': ecosystemen reageren niet alleen op stijgingen in (depositie-)stikstofhoeveelheden, maar ook op dalingen ervan. Dit betekent dat stikstofgevoeligheid niet uitsluitend kan worden begrepen als reactie op absolute niveaus, maar als respons op veranderingen in beschikbaarheid ten opzichte van de bestaande systeemtoestand. Een afname van stikstofbelasting hoeft daarbij niet per definitie ecologisch ongunstig te zijn, maar kan wel gepaard gaan met verschuivingen in soortenverhoudingen, bodemprocessen en hersteltrajecten.

Dit is een aspect dat in het beleid de afgelopen decennia echter volledig afwezig is gebleven.

Asymmetrische voorzorg

De voorzorgsafgeleide ondergrens uit de wetenschap is in Nederland behandeld als ecologische bovengrens. Elke minimale overschrijding wordt juridisch geïnterpreteerd als potentieel significant risico. Het probleem daarbij wordt gevormd door het modelkader, niet door de rechter zoals later zal blijken.

Het voorzorgsbeginsel is primair gericht op het voorkomen van mogelijke schade bij onzekerheid, maar de vraag is in hoeverre positieve trends of herstelprocessen expliciet worden meegewogen in deze afweging.

Stikstofgevoeligheid wordt immers uitsluitend geïnterpreteerd als gevoeligheid voor toename van stikstofbeschikbaarheid. En hoewel de depositie al decennia daalt, en daarmee de stikstofbeschikbaarheid voor de plant, is het voorzorgsbeginsel nooit toegepast op mogelijke ecologische effecten van zo'n daling. Zie Annex 3) voor de cijfermatige onderbouwing van dit concept.

Ecologisch gezien is dat opmerkelijk; ecosystemen reageren immers ook op verarming. Ook bij verlagingen van stikstofbeschikbaarheid worden concurrentieverhoudingen, bodemprocessen, fenotypische verschijningsvormen, microbiële netwerken en hersteltrajecten beïnvloed op systematisch vergelijkbare wijze als bij stijgingen van de stikstofbeschikbaarheid.

Toch wordt binnen het beleid stikstofdepositiedaling uitsluitend als winst geïnterpreteerd, niet als verandering die ecologisch moet worden gevolgd. Het is helder dat de RvS in Mei 2019 logisch handelde binnen het aangeleverde modelkader; echter, het bovenstaande maakt duidelijk dat die modelrealiteit niet een volledige ecologische setting vertegenwoordigde.

De huidige paper onderstreept dat voorzorg in de huidige toepassing in de praktijk vooral gericht is op biodiversiteitsverlies en mogelijke verslechtering van mogelijk 'stikstofgevoelige habitats bij stijgende stikstofdeposities', en geen oog heeft voor veranderingen in de andere richting:

biodiversiteitsverlies en mogelijke verslechtering van mogelijk 'stikstofgevoelige habitats bij dalende stikstofdeposities'.

Dit maakt inzichtelijk dat de toepassing van deze asymmetrische vorm van Voorzorg daarmee onderdeel is geworden van de systeemfout zelf.

In de Nederlandse stikstofmodellen ontbreekt een dynamische 'Stikstof-Gevoeligheids-Indicator' (SGI) die als kengetal functioneert voor 'veranderende stikstofdeposities' soortgelijk als de KDW dat bedoeld was te zijn voor stijgende depositiewaarden. (maar dat predicaat dus niet kan waarmaken; deze paper)

Dat laat echter onverlet dat het eenzijdig en tegengesteld toepassen van het voorzorgsbeginsel vragen oproept ten aanzien van de proportionaliteits- en evenredigheidsbeginselen binnen het Europese rechtskader.

Bestuurlijke uitweg

Als wetenschap richtinggevend wil blijven zonder normerend te worden, moet de ecologische toets terug naar waar zij thuishoort: in waarneming en systeemrespons, niet in abstracte grenswaarden alleen. De staat van instandhouding van de natuur kan uiteindelijk alleen betrouwbaar worden beoordeeld via systematische natuurmonitoring: vegetatie, bodemchemie, hydrologie, soortenontwikkeling en herstelprocessen in samenhang en met nulmetingen. Dit impliceert een versterking van gebiedsspecifieke monitoring, waarbij periodiek wordt vastgesteld hoe soorten, bodemprocessen en nutriëntenbalansen zich ontwikkelen in relatie tot veranderingen in stikstofdepositie, net zoals dat voor andere drukfactoren reeds gebeurt. Deze wijze van natuurbeoordeling is conform de basis van de Vogel- en Habitatrichtlijn en wordt ondersteund door de Nederlandse Habitatprofielbeschrijvingen en de bijbehorende Leeswijzer.

Modellen en 'Stikstof-Gevoeligheids-Indicatoren' kunnen die monitoring ondersteunen, maar haar niet vervangen.

Daarnaast laat de biologische benadering van 'Stikstof-Gevoeligheids-Indicatoren' zien dat zij meebewegen met het systeem. Juist daarom kan de Biologische KDW (zie ref ¹¹⁾) functioneren als tijdelijk bestuurlijk hulpmiddel in processen als vergunningverlening: niet als norm, maar als dynamische referentie die ecologische duiding mogelijk maakt en schijnprecisie doorbreekt.

Dit alles gaat gepaard met de vaststellingen dat: artikel 6 van de VHR volledig blijft gelden, net zoals het verslechtingsverbod, en tevens dat 'de passende beoordeling' verplicht blijft.

In een mogelijke follow-up van deze paper kan eventueel hierop worden ingegaan en wordt toegelicht hoe, in de nieuwe situatie, uitsluitend de interpretatie van KDW gewijzigd hoeft te worden, in die zin dat overschrijding van, nu de beoogde SGI, op zichzelf niet een legitieme grond vormt voor het aannemen van significante effecten.

Een “significant” effect – dat op zich al een ongelukkig gekozen begrip is voor iets dat niet aan een statistische toets wordt onderworpen – is geen automatisch rekenkundig criterium, maar er wordt mee bedoeld een ecologisch te onderbouwen conclusie binnen artikel 6 lid 3 VHR. Ze dient ecologisch te worden gemotiveerd op basis van gebiedsspecifieke kenmerken en actuele systeemrespons.

In deze beoogt de paper uitsluitend een herpositionering van wetenschap; de keuze voor monitoring en het eventueel tijdelijk hanteren van alternatieve stikstofgevoeligheidsreferenties zijn geen wetenschappelijke besluiten. Het zijn **normatieve keuzes** die thuishoren bij de **Ministeriële verantwoordelijkheid** en parlementaire controle ondergaan. En die daarmee slechts vragen om een correctie van de ministeriële **brief van 11-09-2003**.

Epiloog

De stikstofcrisis laat zien wat er kan gebeuren wanneer wetenschappelijke hulpmiddelen juridisch worden verabsoluteerd en voorzorgsbeginnselen worden toegepast zonder expliciete afweging van hun cumulatieve effecten. Niet zozeer de natuur zelf, maar de wijze waarop het beleid en de juridische interpretatie zijn vormgegeven, heeft geleid tot de huidige impasse.

Herstel vraagt in die zin niet primair om nieuwe modellen, maar om een heroverweging van de rolverdeling tussen wetenschap, beleid en recht. Wetenschap kan duiden en begrenzen, maar de uiteindelijke normatieve keuzes liggen bij het bestuur.

Zolang Kritische Depositiewaarden in de praktijk functioneren als juridisch beslissingscriterium, blijft het risico bestaan dat modeluitkomsten een doorslaggevende rol spelen zonder voldoende koppeling aan waargenomen ecologische ontwikkeling.

Dit vraagt om een benadering waarin monitoring, systeemrespons en contextafhankelijke beoordeling een grotere rol krijgen, en waarin de interpretatie van modeluitkomsten explicieter wordt ingebed in een bredere ecologische en juridische afweging.

In deze paper wordt dit geduid als een mogelijke systeemfout, in die zin dat de interactie tussen wetenschap, modelgebruik en juridische toepassing kan leiden tot een structureel eenzijdige uitwerking van voorzorg.

Een herpositionering van deze elementen kan bijdragen aan een situatie waarin beschermingsdoelen behouden blijven, terwijl besluitvorming beter aansluit bij ecologische realiteit en beleidsmatige proportionaliteit.

Annex 1)

Achtergrondstikstof, relatieve depositietoename en bodem-ecologische respons; een kritische herijking van KDW-interpretatie en stikstofgevoeligheid

1. Inleiding

Het Nederlandse stikstofbeleid steunt in hoge mate op Kritische Depositiewaarden (KDW's), die in de praktijk zijn verabsoluteerd tot juridisch harde grenzen. Deze toepassing veronderstelt impliciet dat elke overschrijding van de KDW, ongeacht omvang of context, een reëel risico vormt voor de ecologische toestand van Natura-2000-gebieden. In deze benadering blijven echter fundamentele ecologische en methodologische aspecten onderbelicht, met name rond de betekenis van achtergrondstikstof, de interpretatie van relatieve depositietoenames en de relatie tussen stikstofinput en bodemfysiologische functies.

Internationale syntheses over stikstofverzadiging en ecosysteemrespons (met name Aber et al. en Fenn et al.)^{1 2} laten zien dat stikstofeffecten sterk contextafhankelijk zijn en niet lineair opschalen met depositieniveau. Deze Annex beoogt deze begrippen opnieuw te definiëren en wetenschappelijk te herpositioneren, in lijn met de internationale literatuur over stikstofdepositie, zwavel-legacy en critical-load-methodieken.^{3 4}

2. Afbakening van kernbegrippen: achtergrondstikstof versus legacy-stikstof

Voor een correcte interpretatie van stikstofeffecten is een strikt onderscheid noodzakelijk tussen **achtergrondstikstof** en **legacy-stikstof**, een onderscheid dat in de internationale literatuur expliciet wordt gemaakt (Vitousek et al.; Aber et al.).^{3 1}

Achtergrondstikstof (achtergrond N) wordt hier gedefinieerd als de *actuele atmosferische stikstofdepositie* ($\text{kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) waaraan een ecosysteem structureel is blootgesteld. Het betreft een **flux**, en vormt de relevante referentie voor additionele stikstofinput, zoals ook gehanteerd in critical-load- en N-saturatiestudies (Pardo et al.⁵; De Vries & Posch)⁶.

Legacy-stikstof verwijst daarentegen naar historisch opgebouwde stikstofvoorraden in de bodem, grotendeels organisch gebonden en slechts langzaam beschikbaar via mineralisatie. Deze voorraad is omvangrijk, maar functioneert primair als buffer en is geen directe maat voor de actuele

¹ Nitrogen saturation in temperate forest ecosystems (Aber et al.)

² Nitrogen excess in North American ecosystems (Fenn et al.)

³ Human alteration of the global nitrogen cycle (Vitousek et al.)

⁴ (PDF) Calculating critical loads for acidity with the simple mass balance method (Svedrup & de Vries)

⁵ Effects of nitrogen deposition and empirical nitrogen critical loads (Pardo et al.)

⁶ De Vries W, Posch M. Modelling critical loads of nitrogen and acidity. *Environ Pollut.* 2011;159(10):2573-2582.

stikstofbeschikbaarheid voor planten en micro-organismen, zoals ook benadrukt door Dannenmann & Rennenberg in hun synthese van boom-N-voeding.⁷

Voor de beoordeling van ecosysteemresponsen op *extra* depositie is uitsluitend achtergrond N als flux methodologisch consistent. Het betrekken van legacy-voorraden in percentuele vergelijkingen leidt tot verwarring tussen voorraad- en fluxgrootheden en wordt internationaal als ecologisch niet-informatief beschouwd.¹⁻³

3. Relatieve depositietoename als maat voor prikkelgrootte

Wanneer een additionele stikstofinput (ΔN) wordt gerelateerd aan de achtergronddepositie, kan een relatieve maat worden gedefinieerd:

$$\text{Relatieve toename (\%)} = (\Delta N / N_{\text{achtergrond}}) \times 100$$

Bij een achtergronddepositie van 5 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ vertegenwoordigt een extra 1 kg een toename van 20%; bij een achtergronddepositie van 20 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ slechts 5%.

Deze relatieve maat is **wetenschappelijk relevant**, maar uitsluitend voor het duiden van:

- de grootte van de ecologische prikkel ten opzichte van het bestaande depositiesysteem (Aber et al.; Fenn et al.),¹⁻²
- de detecteerbaarheid en snelheid van responsen in experimenten en monitoring (Pardo et al.),⁵
- verschillen in experimentele gevoeligheid tussen laag- en hoog-belaste systemen (Vitousek et al.).³

Dit verklaart waarom stikstofeffecten in laag-belaste ecosystemen vaak sneller en duidelijker worden waargenomen dan in systemen met een hoge achtergronddepositie. Het betreft echter een **methodologisch effect (signaal-ruisverhouding)**, geen bewijs voor grotere of kleinere ecologische schade.

4. Grenzen van percentuele benaderingen voor bodemfysiologische functies

Hoewel relatieve depositietoenames inzicht geven in responsdynamiek, zijn zij onvoldoende en potentieel misleidend als verklaring voor belemmerde bodemfysiologische functies. Internationale literatuur toont consistent aan dat bodemprocessen en ecologische functies niet lineair reageren op procentuele veranderingen in stikstofinput, maar primair worden gestuurd door:

⁷ Nitrogen Nutrition of Trees in Temperate Forests—The Significance of Nitrogen Availability in the Pedosphere and Atmosphere | MDPI (Dannenmann & Rennenberg)

- **chemische drempels**, met name pH en base-cation/aluminium-verhoudingen (Driscoll et al.; Likens et al.)^{8, 9}
- **vorm van stikstof** (NH_4^+ versus NO_3^-), met verschillende effecten op nitrificatie, denitrificatie en zuurlast (Dannenmann & Rennenberg)⁷
- **stoichiometrische verhoudingen** (C:N:P) en beschikbaarheid van basecationen (Vitousek et al.)³
- **hydrologische en redoxcondities**, die bepalen of stikstof wordt vastgelegd, omgezet of uitgespoeld (Fenn et al.)²

Hierdoor kan een kleine relatieve toename van stikstofdepositie leiden tot een disproportioneel grote ecologische impact wanneer een chemische of fysiologische drempel wordt overschreden, terwijl een grotere procentuele toename weinig effect kan sorteren wanneer immobilisatie of andere limiterende factoren domineren.

5. Implicaties voor Kritische Depositiewaarden en validatie

Het concept van relatieve responsgrootte heeft belangrijke consequenties voor de interpretatie en toepassing van KDW's. Veel KDW's zijn afgeleid uit studies in laag-belaste ecosystemen, waar additionele stikstof relatief grote prikkels vertegenwoordigde en responsen snel detecteerbaar waren (Pardo et al.; Aber et al.)^{5, 1}

Het extrapoleren van deze waarden naar gebieden met een hoge achtergronddepositie, zonder expliciete herkalibratie of validatie, is methodologisch problematisch. Dit betreft een **validatie- en extrapolatieprobleem**, geen bewijs voor een intrinsiek hogere of lagere stikstofgevoeligheid van ecosystemen. Internationale critical-load-literatuur (De Vries & Posch; Sverdrup & De Vries) benadrukt dat KDW's screening-instrumenten zijn, gebaseerd op conservatieve aannames, en geen empirisch vastgestelde ecologische grenswaarden.^{6 4}

Het verabsoluteren van KDW-overschrijdingen tot juridische verboden miskent zowel de onzekerheden in de onderliggende modellen als het niet-lineaire karakter van bodem- en ecosysteemresponsen.

6. Synthese en beleidsrelevantie

Samenvattend kan worden vastgesteld dat:

⁸ (PDF) Acidic deposition in the Northeastern United States: Sources and inputs, ecosystem effects and management strategies (Driscoll et al.)

⁹ (PDF) Long-Term Effects of Acid Rain: Response and Recovery of a Forest Ecosystem (Likens et al.)

1. Achtergrondstikstof strikt moet worden gedefinieerd als actuele depositiesflux (Vitousek et al.; Aber et al.).^{3,1}
2. Relatieve depositietoenames informatief zijn voor detecteerbaarheid en responsdynamiek, niet voor ecologische schade (Pardo et al.).⁵
3. Bodemfysiologische functies worden gestuurd door chemische drempels en systeeminteracties, niet door procentuele N-toenames (Driscoll et al.; Dannenmann & Rennenberg).^{8,7}
4. Kritische Depositiewaarden voorzorgsafgeleide, contextafhankelijke indicatoren zijn en geen universele ecologische grenswaarden (De Vries & Posch; Sverdrup & De Vries).^{6,4}

Deze bevindingen zijn ontleend aan relevante internationale wetenschappelijke publicaties en onderstrepen dat de huidige Nederlandse juridische toepassing van KDW's ecologisch en methodologisch te ver gaat.

Annex 2)

Berekening KDW's behorende bij de gegevens uit referentie ⁷⁾ Dannenmann and Rennenberg.

De berekeningen zelf zijn volgens referentie ¹⁰⁾(Posch, de Vries & Sverdrup) waarin de formule ter berekening van de KDW al volgt is gedefinieerd:

Biologische KDW = N opname door het gewas + lange termijn N immobilisatie + N verliezen lucht (met name denitrificatie) + N uitspoeling. (let wel: dit betreft ⁷⁾ zonder de beperkingen)

De getallen uit publicatie ⁷⁾ maken een berekening mogelijk voor een 'Biologische' KDW (of SGI) voor het Noordse Sparrenbos die een totale atmosferische depositie van ca 46 kg N/ha/jr. onderging; gegevens leiden tot een berekende KDW als volgt:

Ca. 12 kg opgenomen + geen schatting immobilisatie mogelijk (verschil niet gemeten) + 16 kg door denitrificatie + 21 kg uitspoeling = ca. 49 kg/ha/jr. (Voor immobilisatie kan een correctie nodig zijn)

Voor het beukenbos, met aan natte depositie 6 kg N/ha/jr., komen de volgende cijfers naar voren:

¹⁰⁾ Maximilian Posch, Wim de Vries and Harald U. Sverdrup in Mass Balance Models to Derive Critical Loads of Nitrogen and Acidity for Terrestrial and Aquatic Ecosystems

Ca. 9 kg opgenomen (geschat: 99 kg opgenomen, bij geschat ca. 90 kg 'litter') + geen schatting immobilisatie mogelijk (verschil niet gemeten) + 6 kg door denitrificatie + 0 kg uitspoeling = ca. 15 kg/ha/jr. (Ook: vanwege de niet-gemeten immobilisatie kan nog een geringe correctie nodig zijn).

Vervolg: Berekenen grootte 'voorzorg' in KDW vlgs. ref ¹⁰⁾

De gehanteerde modelcoëfficiënten in het rekenvoorbeeld weerspiegelen beleidsmatig gekozen beschermingsniveaus en zijn niet bedoeld als empirische schattingen van actuele procesfluxen, de berekening toont hoe de 'voorzorgcomponenten' zich verhouden tot de 'modelmatige berekende' en in AERIUS toegepaste coëfficiënten:

Weglekken/uitspoelen: afhankelijk van vele factoren; 1-5 kg;

Denitrificatie: 0,1-3 kg ha/jr;

Toegenomen immobilisatie: 1 kg/ha/jr.

De KDW wordt nu berekend als: **KDW = N opname door het gewas + toelaatbare lange termijn N immobilisatie + N verliezen lucht (met name denitrificatie) + acceptabele N uitspoeling.**

Toegepast op het voorbeeld sparrenbos uit ref. ⁷⁾ leveren de begrippen toelaatbare en acceptabele naast de conservatieve schatting voor denitrificatie een hoeveelheid gecalculeerde voorzorg op van:

Weglekken: $21 - 1$ of $21 - 5 = 20$ -16 kg stikstof ha/jr. als vóór-gecalculeerde 'voorzorg'

Denitrificatie: $16 - 0,1$ of $16 - 1 = 15$ - 15,9 kg stikstof ha/jr. als vóór-gecalculeerde 'voorzorg'

Toegenomen immobilisatie: gegevens ontbreken; referentie van 1 kg/ha/jr. resulteert uit de berekende gemiddelde hoeveelheid sinds de laatste ijsijd.

Voor het beukenbos: denitrificatie: $6 - 0,3$ of $6 - 3 = 5,7$ - 3 kg /ha/jr.

In de vorige SLN-publicatie¹¹, werd aan hetzelfde voorbeeld gerefereerd. Toen was de vaststelling dat door 'extra depositiestikstof' het bodemmicrobioom maximaal tot 900 gram stikstof meer dan het jaar ervoor zou hebben moeten processen, dat is ongeveer 0,1 mg/m²/jaar. Ook deze hoeveelheid steekt ietwat mager af tegen de 'voorzorghoeveelheden' die ogenschijnlijk als zijnde relevant in de modellen zijn geslopen.

De stikstofverliezen tijdens beheer (lees: houtoogst) kunnen zo'n ca 5-7,5 kg ha/jr. bedragen en zijn ook buiten beschouwing gelaten in de modellen en deze cijfers landen dus, zeker in geval het beheerde bossen betreft, in de 'extra-gecalculeerde' voorzorg. Het oogsten van hout zou daarmee kunnen gelden als een eenvoudige beheermaatregel.

¹¹ <https://samenlevinglandbouwnatuur.nl/crisis-om-stikstof-een-filosofisch-en-ook-een-democratisch-probleem/>

De bovenstaande vergelijking en analyse illustreren het effect van parameterkeuzes, binnen de gekozen modelstructuur; het toont simpelweg aan dat in deze structuur meerdere vormen van voorzorg zijn ingebouwd, die bovendien mogelijk niet goed zichtbaar zijn voor eenieder.

Of dat gepast is in de stikstofcase wordt niet bediscussieerd. Het lijkt echter wel duidelijk dat de rekenvoorbeelden zich als relevant en significant voordoen; met name indien dat vergeleken wordt met de als 'zichtbaar' toegepaste voorzorg op 0,07 gram stikstof per hectare per jaar door RvS in haar uitspraak van 29 mei 2019.

Annex 3)

Het Voorzorgsbeginsel eenzijdig en asymmetrisch (= tegengesteld) toegepast

De Raad van State past bij haar besluit ECLI:NL:RVS:2019:1603 het voorzorgsbeginsel toe in de beoordeling van een vergunningverlening die betrekking heeft op een extra stikstofdepositie van 0,005 mol/ha/jr. Dit wordt toegepast in het licht van het verslechteringsverbod uit de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR), Art. 6 lid 3.

RvS hanteert dat principe onder toepassing van de wetenschap die uitgaat van de modellen in gebruik bij het stikstofbeleid. De Raad wordt in dat proces echter mogelijk informatie onthouden, dat in de modellen, bij aanleg en ontwerp reeds meermaals het voorzorgsbeginsel is gebruikt en toegepast, zie ook Annex 1) en 2).

Het is niet ondenkbaar dat haar adviseurs aangaande het weglekken, de mineralisatie en denitrificatie in onvoldoende mate concreet zijn geworden door de conservatieve waarden voor die begrippen in de modellen niet afdoende duidelijk te communiceren. Daardoor is echter de dynamiek die *ecosystemen vertonen via functionele buffering en verschuivingen in responsmechanismen* volledig buiten beeld gebleven bij de wetenschappelijke advisering van de RvS in aanloop naar haar beslissende uitspraak van 29 Mei 2019. Daardoor was ze niet in staat in haar overwegingen te betrekken dat in een omgeving waarin de stikstofdruk *structureel daalt*, het niet gepast is het Voorzorgsbeginsel uitsluitend toe te passen op mogelijke effecten van een *incidentele stijging* van die depositie.

De cijfers die erbij horen, zijn daarbij ook opmerkelijk: aan de ondergrens van het AERIUS-rekenmodel (0,005 mol/ha/jr.) worden, in de RvS-toelichting van betreffende uitspraak, significante en relevante invloeden toegedicht om in een specifiek hexagoon in een Natura2000Gebied op een afstand van 25 km schade aan de natuur te berokkenen, terwijl ze aan de jaarlijkse reductie onder het PAS-regime (in 2019) van ca 1,5% x 1659 mol/ha/jr. = 24,9 mol/ha/jr. over alle Nederlandse hexagonen in alle Natura2000-gebieden, geen waarde toekent.

Deze ca 25 mol vertegenwoordigen bijna 350 gram die niet 'voorzorg-technisch' worden gewogen, over alle natuurgebieden, hoewel dit een factor van bijna 5000 maal groter is dan de 0,07 gram op één hexagoon.

Maatschappelijk gezien, zou het hebben volstaan om na bijna 32 jaar van structureel dalende deposities het voortgaan van de trend te bewaken; wetenschappelijk gezien is het zeer ongebruikelijk, ogenschijnlijk zelfs niet gepast, het principe eenzijdig, tegengesteld en dus asymmetrisch, toe te passen. Bestuurlijk gezien leidt de werkwijze van de RvS tot een maatregel met een disproportionele werking.

Het eenzijdig, asymmetrisch, en dus tegengesteld, toepassen van het voorzorgsbeginsel roept daarbij serieuze vragen op aangaande proportionaliteit, consistentie en evenredigheid binnen het Europese rechtskader.

De structureel dalende trend wordt omgezet in een gedwongen reductiedoelstelling, die feitelijk, en gezien de dalende trend gedurende 32 jaar, onnodig was.

Het is echter wel deze 'geadviseerde eis' die het land op slot heeft gedaan.

Auteur:

- Ir. M. Warmerdam (Landbouwkundig Ingenieur)

Geraadpleegde websites:

- Compendium voor de leefomgeving
- RIVM
- WUR
- Natura2000
- Centraal Bureau voor de Statistiek
- Stichting Agrifacts STAF
- Wikipedia

Geraadpleegde personen:

- Klaas Bron (PS BBB Gelderland)
- Prof. Wim de Vries (WUR)

Review en Redactie:

- Ir. A. Andela (Landbouwkundig Ingenieur; Stichting SLN)

Gereviewd door:

- Prof. René van den Hoven (Wetenschappelijk Bureau BBB)
- Henri Prins (Stichting Samenleving Landbouw Natuur)

Geanalyseerde Literatuur:

- 1) Nitrogen saturation in temperate forest ecosystems (Aber et al.)
- 2) Nitrogen excess in North American ecosystems (Fenn et al.)
- 3) Human alteration of the global nitrogen cycle (Vitousek et al.)
- 4) (PDF) Calculating critical loads for acidity with the simple mass balance method (Sverdrup & de Vries)
- 5) Effects of nitrogen deposition and empirical nitrogen critical loads (Pardo et al.)
- 6) De Vries W, Posch M. Modelling critical loads of nitrogen and acidity. *Environ Pollut.* 2011;159(10):2573-2582.
- 7) Nitrogen Nutrition of Trees in Temperate Forests—The Significance of Nitrogen Availability in the Pedosphere and Atmosphere | MDPI (Dannenmann & Rennenberg)
- 8) (PDF) Acidic deposition in the Northeastern United States: Sources and inputs, ecosystem effects and management strategies (Driscoll et al.)
- 9) (PDF) Long-Term Effects of Acid Rain: Response and Recovery of a Forest Ecosystem (Likens et al.)
- 10) (PDF) Maximilian Posch, Wim de Vries and Harald U. Sverdrup in Mass Balance Models to Derive Critical Loads of Nitrogen and Acidity for Terrestrial and Aquatic Ecosystems
- 11) <https://samenlevinglandbouwnatuur.nl/crisis-om-stikstof-een-filosofisch-en-ook-een-democratisch-probleem/>

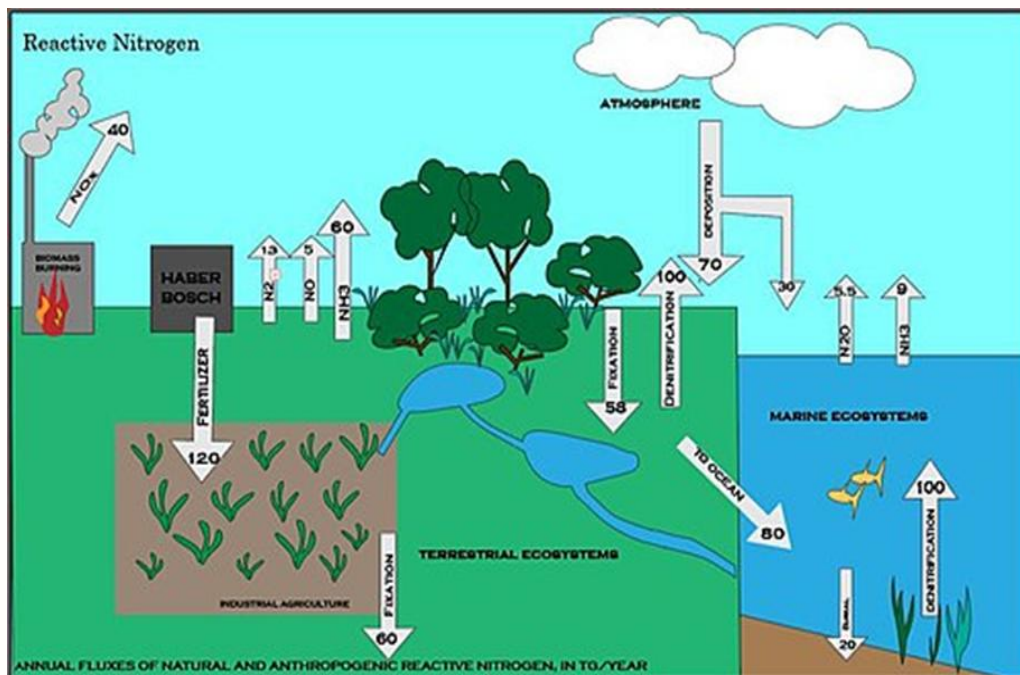


Diagram 1) Uit: Wikipedia; Engelstalige webpagina met de Nitrogen Cycle.

De N-kringloop (Wikipedia): https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen_cycle#cite_note-Fowler_2013-1

Een stikstofmodel dat toont dat wereldwijd er meer stikstof uit de natuur verdwijnt dan er door natuurlijke en antropogene processen aan toegevoegd wordt. **Dit is niet het Nederlandse Stikstof Model.**

De weblink bevat tevens de publicatie die de bron is voor de cijfers. Evolutionair gezien blijft stikstof dus fundamenteel en principieel een beperkende factor voor plantengroei.

Behalve dus in Nederland.

In Nederland hoopt stikstof zich op als 'voorzorg' in de stikstofmodellen.