

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Arme bossen

verdienen beter



Uitgave:

OBN / VBNE

Tekst:

Arnold van den Burg, Rienk-Jan Bijlsma en
Roland Bobbink

Deskundigen en begeleidingscommissie:

OBN Deskundigenteam Droog zandlandschap:

Voorzitter: H.N. Siebel (Natuurmonumenten).

Vicevoorzitter: T.J. Verstrael (Sovon). Secretaris:

W.R.M. van Heusden (RVO).

Leden: R.J. Bijlsma (Alterra), R. Bobbink (B-Ware),
R. Haveman (Defensie), I. Borkent (Stichting de
Marke), A.B. van den Burg (Biosphere Science
Productions), D.H. Joustra (Staatsbosbeheer),
B.J.M. Nyssen (Bosgroep Zuid Nederland), J. den
Ouden (Wageningen UR), M. Zekhuis (Landschap
Overijssel),

W.J.C. Poelmans (Provincie Noord-Brabant),

R. Wolf (Provincie Gelderland), H. Siepel

(Wageningen UR).

Coverfoto:

Arnold van den Burg

Foto's:

Rienk-Jan Bijlsma (pag. 3)

Arnold van den Burg (pag. 2 t/m 15, 18, 20, 21, 22)

Harvey van Diek (pag. 16)

Eddy Kuis (pag. 15, 16, 17)

VBNE (pag. 23)

Joost Vogels (pag. 19)

Els Zwart (pag. 15)

Wanda Zwart (pag. 14)

Wijze van citeren:

Burg, A. van den, Bijlsma, R.J.
& Bobbink R., 2015

Arme bossen verdienen beter.

OBN Deskundigenteam

Droog zandlandschap.

KNNV Publishing, Zeist.

Arme bossen verdienen beter

Arme bossen verdienen beter	3
Als bos ouder wordt...	5
Verzuring en vermessing	7
Bodems en nutriënten in het droog zandlandschap	9
Nieuwe inzichten in de relatie tussen bomen en herbivoren	11
Effecten tot in de top van de voedselketen	14
Aan- en afvoer van stikstof en nutriënten	17
Ecologische processen	20
Herstel raakt ook doelstellingen	22
Kennisuitwisseling via het OBN	23
Ter verdieping	23

Arme bossen verdienen beter

Bossen van het droog zandlandschap van Noordwest-Europa staan bekend als ‘arme bossen’. Het landschap waarin ze voorkomen was tot in de 20ste eeuw overwegend een heidelandschap. Op de voedselarme heide- en stuifzandbodems zijn vanaf 1900 vooral naaldbossen geplant. Inmiddels zijn in deze voormalige plantages volop kenmerken aanwezig van oudere, meer natuurlijke bossen, zoals dikke levende en dode bomen, natuurlijke verjonging van inheemse loofbomen en een gevarieerd lichtklimaat. Veel soorten hebben sterk

geprofiteerd van deze natuurlijke ontwikkeling die nog steeds doorzet. In de loop van 20ste eeuw zijn echter eerst zwaveldepositie (‘zure regen’) en later ook stikstofdepositie een grote negatieve invloed gaan uitoefenen op het landschap. Dit raakt niet alleen de biodiversiteit, maar ook de hout- en biomassa productie en daarmee de duurzaamheid van het bosgebruik. We hebben directe gevolgen vastgesteld voor soorten en nutriëntenvoorraden in de bodem en indirecte effecten op concurrentieverhoudingen en voedselketens. Er zijn echter ook onzekerheden en belangrijke kennisleemten waar het gaat om de precieze mechanismen, het experimenteel vastleggen van oorzaak-gevolg relaties en mogelijke oplossingsrichtingen. De achtergronden van deze problematiek in droge bossen staan centraal in deze brochure.

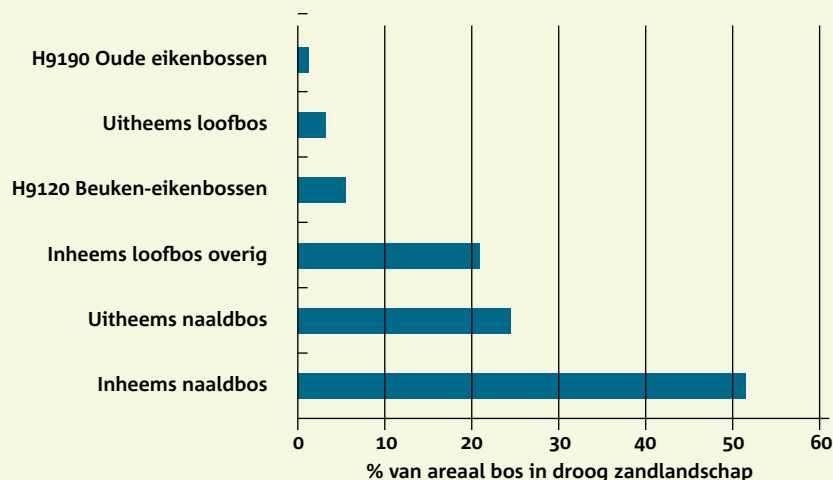


Door het afsterven van naaldbomen en een ondergroei van loofhout wordt het bos in Nederland steeds natuurlijker.

Dalkruid is een van de karakteristieke soorten van oude bosgroeiplaatsen.



Figuur 1.
Aandelen inheems en uitheems loof- en naaldbos en habitattypen 9120 en 9190 binnen het droog zandlandschap. Totale oppervlakte bos: 2286 km².
(4de bosstatistiek 1980-83)



Bostypen en bosgroeiplaatsen

Het bos van het droog zandlandschap bestaat voor ongeveer 50% uit grove dennenbos dat vooral na 1900 is aangelegd als stuifzand- of heideontginning. Veel van dit bos is inmiddels gemengd met loofhout dat zich spontaan heeft gevestigd. Op de betere bodems werd vooral Douglasspar en lariks aangeplant ($\pm 25\%$ uitheems naaldbos). Van de ongeveer 30% inheems loofbos ligt een klein deel op een oude bosgroeiplaats, wat al bos was voor 1850. Dit 'oud bos' verdient een aparte status in beheer en beleid door het voorkomen van karakteristieke soorten die zich slecht vestigen en/of moeilijk verspreiden, waaronder vaatplanten (zoals adelaarsvaren, bosanemoon, dalkruid), korstmossen (zoals beukenwrat, maleboskorst), mossen (zoals flesjesroestmos, stobbegaffeltandmos) en insecten (zoals vliegend hert). Oud bos fungeert dus als refugium en uitvalsbasis voor deze soorten. In principe is alle inheems loofbos op oude bosgroeiplaatsen in het droog zandlandschap Natura 2000 habitatype, namelijk Oude eikenbossen (H9190) op leemarme bodems en Beuken-eikenbossen met hulst (H9120) op lemige bodems. De landelijke oppervlakte H9190 wordt geschat op 2910 ha met 2330 ha binnen Natura 2000 gebieden; hiervan ligt 70% op de Veluwe. Voor H9120 is landelijk naar schatting 12300 ha aanwezig met 6750 ha binnen Natura 2000 gebieden; hiervan ligt 88% op de Veluwe. Van het huidige areaal bos op de Veluwe ligt slechts 30% op een oude bosgroeiplaats. Van deze 30% is slechts 30% inheems loofbos dat kwalificeert als habitatype. De rest is in de 20ste eeuw omgevormd naar naaldbos. Hieruit blijkt het nog zeer geringe aandeel aan oud loofbos in Nederland (fig. 1).



Het vliegend hert komt voor op oude bosgroeiplaatsen waar veel vermolmd eikenhout in de bodem aanwezig is.

Definities van ‘mineralen’ en ‘nutriënten’

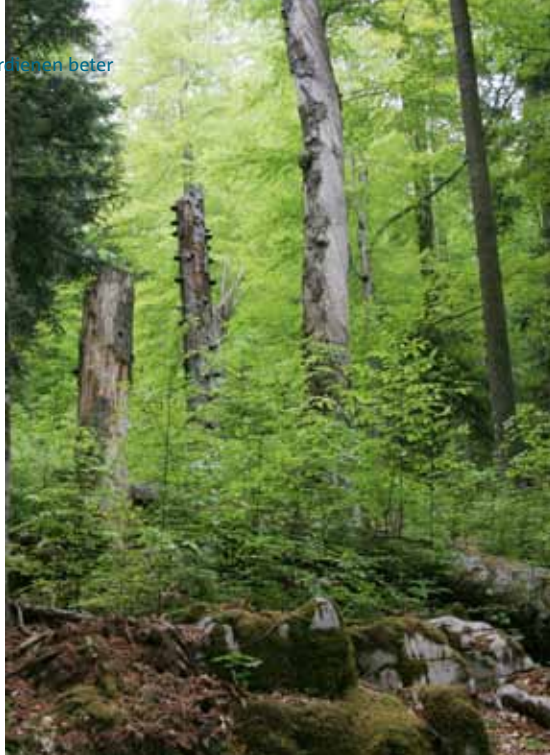
De term ‘mineraal’ heeft in de bodemkunde een andere betekenis dan in de fysiologie of voedingswetenschappen. In deze brochure wordt de term ‘mineralen’ volgens de bodemkundige definitie gebruikt, in de betekenis van vaste kristallijne en soms ook amorfe verbindingen, zoals veldspaten (Na-K-Ca-Al silicaten) of het fosfaatmineraal apatiet. De term ‘nutriënten’ reserveren we voor anorganische plantenvoedingsstoffen, waarbij N, K, Ca, Mg, P en S wel als ‘macronutriënten’ worden aangeduid. Een deel van deze voedingsstoffen komt vooral door verwerking van mineralen beschikbaar. Dieren krijgen nutriënten veelal binnen via het eten van (dood) plantaardig materiaal of dierlijke prooien. Een nutriëntengebrek bij dieren is hier dus een gebrek aan bepaalde ionen en niet een algeheel gebrek aan voedingsstoffen, zoals eiwitten, koolhydraten en vetten.

Als bos ouder wordt...

De biodiversiteit van onze droge bossen neemt toe naarmate ze ouder worden. De soortenrijkdom wordt pas goed zichtbaar als de bomen de kans krijgen op natuurlijke wijze af te takelen en te sterven. Bomen van de belangrijkste soorten in het droog zandlandschap kunnen enkele eeuwen oud worden. De aftakelingsfase wordt dus nog maar op enkele plekken bereikt in Nederland. Doordat bomen niet gelijktijdig afsterven, ontstaat er meer heterogeniteit in de leeftijdsopbouw van bomen en kunnen andere soorten zich gemakkelijker vestigen. Open plekken op de bosbodem bieden kansen voor kruidachtige planten, terwijl het dode hout houtetende insectensoorten stimuleert en leefgebied biedt voor veel soorten mossen, korstmossen, paddenstoelen en ongewervelden. De bosbodem ontwikkelt zich steeds verder naarmate het bos ouder wordt en oude bosgroeiplaatsen kennen ook een meer diverse bodemfauna in vergelijking met jonge bosbodems. Veel typische bossoorten hebben zich nog maar betrekkelijk kort geleden weten te vestigen. Zo dateert het eerste broedgeval van de zwarte specht van 1913. Dit zijn allemaal positieve ontwikkelingen voor de natuurwaarden van onze bossen.

Recent zien we echter dat sommige diersoorten in bossen op de droge zandgronden het slecht doen. In het oog springend is de achteruitgang van roofvogels, zoals de sperwer en havik, de lage stand van rode bosmieren en van vlinderrupsen, zoals de kleine en grote wintervlinder, die normaal veel op zomereik voorkomen. Ook zijn mycorrhizapaddenstoelen afgenomen en treedt regelmatig eikensterfte op. Voor bijna geen enkele soort is al precies ontrafeld welk samenspel van oorzaken voor de achteruitgang verantwoordelijk is. Onderzoek dat voor een deel is uitgevoerd vanuit het OBN-Deskundigenteam Droog Zandlandschap heeft wel laten zien dat de combinatie van stikstofdepositie en nutriëntengebrek debet is aan de negatieve trend van veel soorten en ook negatieve effecten lijkt te hebben

Open plekken ontstaan door het afsterven van bomen en geven ruimte aan veel organismen (oerbossen van Slovenië).



op de vitaliteit van de zomereik. Deze problematiek is al eerder beschreven voor heidegebieden en vinden we nu dus ook terug in bossen. Beheerders hebben weinig mogelijkheden om de te hoge stikstofbelasting op te lossen, maar kunnen wel de mineralen- en nutriënten-voorraad in het bos beïnvloeden en andere mitigerende ontwikkelingen aansturen.

Rode bosmieren zijn op veel plaatsen achteruitgegaan en hervestiging is erg moeilijk voor deze soorten.



Verzuring en vermesting

Het bos- en heidelandschap van de droge zandgronden worden sterk beïnvloed door antropogene verzuring en vermesting. Stikstofdepositie zorgt voor een onnatuurlijk hoge toevoer van stikstof, wat een belangrijke meststof is voor planten. Dit zien we bijvoorbeeld terug in de toegenomen vergrassing van heide- en bosgebieden. Een lage beschikbaarheid van stikstof is niet alleen een beperkende factor voor de groei van planten, maar ook voor herbivoren die van de planten eten. Je zou dan ook verwachten dat de extra stikstof goed is zowel voor de groei van de bomen als de ontwikkeling van herbivorenpopulaties. Er is echter meer aan de hand...

Stikstof, maar voorheen ook zwavelhoudende luchtverontreiniging, heeft namelijk ook een verzurend effect. Verzuring, oftewel afname van de buffercapaciteit, is

een langetermijnproces dat ook van nature plaatsvindt door carbonzuur of organische zuren, maar wat (zeer sterk) versneld kan worden door de toevoer van zure of verzurende stoffen uit de atmosfeer. Afhankelijk van de bodemsamenstelling kan dit complexe proces leiden tot een lagere pH, verhoogde uitspoeling van kationen (vooral calcium, magnesium of kalium), verhoogde concentraties aan toxische metalen (vooral van aluminium, bij zeer lage pH ook ijzer) en veranderingen in de verhouding tussen nitraat en ammonium in de bodem door geremde nitrificatie. Daarnaast wordt de afbraaksnelheid van organisch materiaal in de strooisellaag geremd onder zure omstandigheden, waardoor de kringloop van voedingsstoffen via het gevallen blad wordt vertraagd. Tenslotte wordt de ontwikkeling van het wortelstelsel geremd door aluminiumtoxiciteit wanneer er als gevolg van voortschrijdende verzuring ook (zeer) veel aluminium vrijkomt in het bodemvocht. Kortom, de bomen hebben relatief veel stikstof tot hun



Als gevolg van verzuring en vermesting heeft vergrassing met pijpenstrootje op veel plaatsen in snel tempo plaatsgevonden.

Rupsen, zoals die van de kromzitter, reageren goed op extra stikstof, maar niet als er tegelijkertijd een nutriëntengebrek optreedt.



beschikking, maar juist weinig kationen als kalium, magnesium en calcium. Maar ook micronutriënten kunnen uitgespoeld zijn, zoals mangaan. Dit zijn voor de bomen ongebruikelijke standplaatscondities, waaraan bijvoorbeeld de zomereik zich slechts ten dele lijkt te kunnen aanpassen.

Als de bodem in de zogenaamde aluminium-buffer-range terecht is gekomen, blijven alleen plantensoorten die resistent zijn tegen dergelijke zure omstandigheden over en verdwijnen veel soorten uit een meer zwakgebufferd milieu met intermediaire pH (4,2 – 6,5). Het verlies aan buffercapaciteit in de bodem kan weer heel langzaam worden opgebouwd door de verwerking (oplossen) van primaire of secundaire mineralen, indien deze nog aanwezig zijn in de betreffende bodemlaag. Ook aanvoer van kationen uit de depositie draagt hier

wat aan bij. Echter, wanneer in de bovenste bodemlaag alleen nog maar Al-mineralen voor de bodembuffering zorgen, dan zijn vrijwel alle verweerbare mineralen waaruit kationen (magnesium, kalium en calcium) vrijkomen niet meer aanwezig en is herstel van deze verdwenen fractie mineralen nodig (steenmeeltoediening).

Een laatste effect van stikstofdepositie is de uitspoeling van nitraat als de stikstofdepositie hoger is dan 8-12 kg per hectare per jaar. Dit heeft als eerste nadelige effect dat er meer nitraat in het grondwater komt, waar veel mensen van afhankelijk zijn voor drinkwater. Bovendien kan het nitraat alleen uitspoelen als het kationen uit de bodem meeneemt, waardoor de bufferstatus van de bodem verder wordt verlaagd.

Bodems en nutriënten in het droog zandlandschap

Het droge zandlandschap omvat bossen op vooral droge, van nature voedselarme en zure standplaatsen in glaciële gebieden (stuwwallen en keileemopduikingen), dekzand- en stuifzandgebieden. Dit zandgebied strekt zich uit van de Kempen tot in de Noord-Duitse laagvlakte. De relatief vruchtbare (lemige) delen van dit landschap en de overgangen naar vochtige laagtes en beekdalen zijn grotendeels al vroeg gekoloniseerd en ontgonnen tot landbouwgrond met karakteristieke plaggenbodems. Het niet-ontgonnen (woeste) heide- en stuifzandlandschap is in de 20ste eeuw ingeplant met naaldbos. Wat nu als natuurterreinen resteert, is het minst productieve deel van het landschap, in scherp contrast met de aangrenzende hoog-productieve landbouw.

De bodems van het droog zandlandschap worden niet

verjongd of vernieuwd met kalk- of basenrijk materiaal dat van elders wordt aangevoerd zoals in het rivieren- en kustgebied. De wortelzone wordt niet regelmatig aangevuld met basische kationen vanuit het grondwater en er zijn geen gradiënten en dynamiek als gevolg van overstromingen, grondwaterstromen en -fluctuaties. Het is in abiotische zin het meest statische en daardoor ten aanzien van ecologisch herstel het meest problematische landschap. Verzuring, verwerking van mineralen en uitspoeling van nutriënten zijn inherent aan dit landschap.

In het huidige droog zandlandschap is sprake van subtiele nutriëntenbalansen die gemakkelijk verstoord kunnen worden, bijvoorbeeld ook door afvoer met houttoogst. Uit een modelstudie van houttoogstscenario's voor verschillende boomsoorten over deze range aan groeiplaatsen blijkt dat op leemarme en zwaklemige bodems (met minder dan 17,5% leem) houttoogst leidt tot negatieve balansen voor Ca en K, zeker als ook bij dunningen tak- en tophout wordt geoogst. In combinatie met een structureel hoge beschikbaarheid van stikstof ontstaan hierdoor problemen met de voedselkwaliteit voor herbivore fauna die doorwerken in de voedselketen.



Natuurterreinen vinden we vaak op de armste delen van het landschap, omdat rijkere delen zijn ontgonnen voor landbouwgrond.

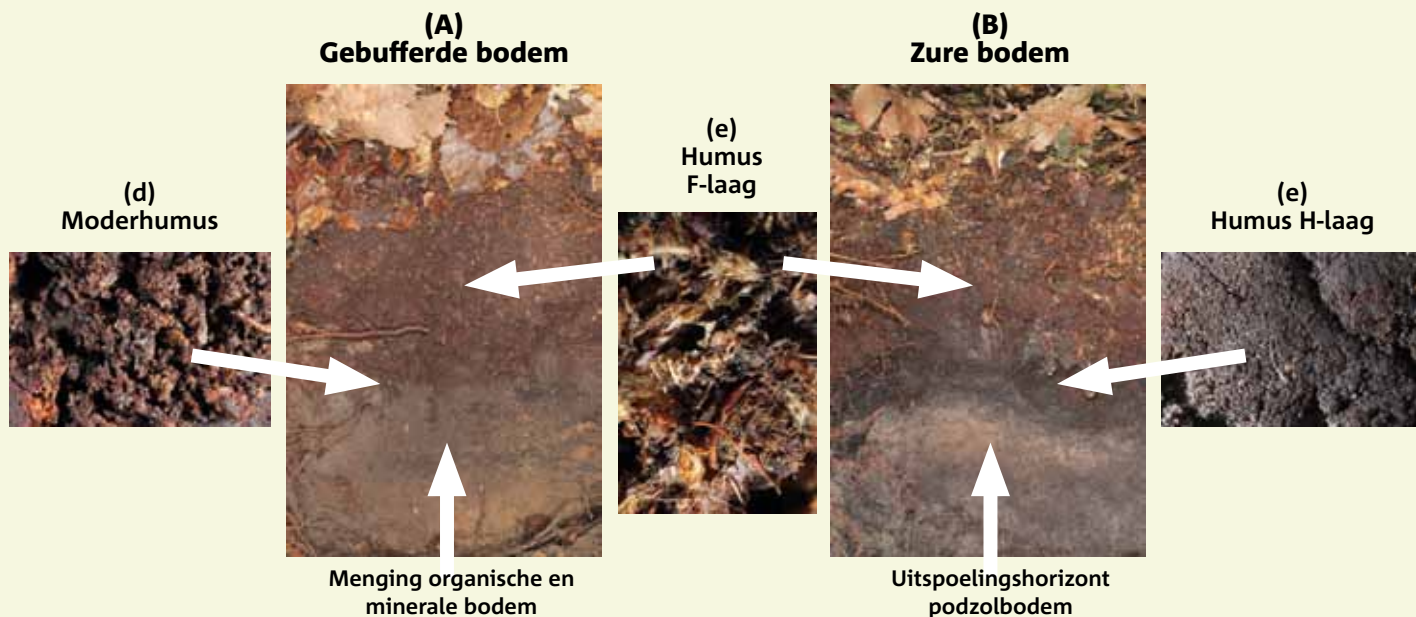
Leem en humus

Het leemgehalte in de wortelzone van de bodem is één van de dominante factoren voor het bodemtype dat zich onder het bos zal ontwikkelen, naast bijvoorbeeld de minerale samenstelling van de bodem, de bodembiota en de samenstelling van de bosopstand. In grote lijnen geldt dat bodems met meer dan 25% leem geen podzolering vertonen (uitloging waarbij een uit- en inspoelinghorizont ontstaan), ook niet onder heide. Onder invloed van strooiselwormen, potwormen, springstaarten en mijten ontstaat er moderhumus in de vorm van afzonderlijke moderbolletjes en aggregaten. Bodems met minder dan 10% leem vertonen vrijwel altijd uitloging, ook onder loofbos: het zijn vaaggronden of humuspodzolgronden. Onder deze omstandigheden wordt de afbraak van strooisel vooral gedomineerd door schimmels wat leidt tot een humusprofiel, waarin een amorfe, vettig-zwarte humuslaag ontstaat (Hh-

laag). Deze humusvorm wordt aangeduid als mormoder of mor. In stuifzandbebossingen ontstaat de H-laag na ca 40 jaar humusontwikkeling. Oude bossystemen worden gekenmerkt door een dikke Hh-laag, die bij een lange, ongestoorde ontwikkeling een dikte van meer dan een decimeter kan bereiken. Naarmate de Hh-laag dikker wordt, bepaalt deze humuslaag (en niet de minerale ondergrond) steeds meer de standplaatseigenschappen, doordat nutriënten worden vastgelegd in slecht afbreekbare (recalcitrante) humus, de doorlatendheid afneemt en het vochthoudend vermogen toeneemt. In het tussenliggende traject met leemgehaltes van 10-25% kunnen bodems met moderhumus onder vegetaties met slecht afbreekbaar strooisel, zoals droge heide of beukenbos, degraderen tot humuspodzolen. Dit heeft zich op grote schaal voorgedaan, waarschijnlijk versneld door antropogene zure depositie.

Figuur 2.

De componenten van verschillende humustypen. a) profiel met moderhumus, b) profiel van een humuspodzol, c) humus in de F-laag, d) humus in de moderlaag, e) humus in de H-laag.



Ectomycorrhiza-schimmels

Ectomycorrhizaschimmels spelen een belangrijke rol bij het aanleveren van nutriënten aan plantenwortels. Een afname van mycorrhizaschimmels kan dus nutriëntentekorten in de bomen in de hand werken. De hoge N-depositie heeft geleid tot een sterke afname (tot wel negentig procent) van de hoeveelheid ondergrondse schimmeldraden en vruchtlichamen en van de diversiteit aan soorten. Het percentage van de worteltopjes dat door mycorrhizaschimmels is gekoloniseerd kan afnemen onder invloed van stikstofdepositie, maar vaak is er geen effect. Het is ook onduidelijk in welke mate de nutriëntenstroom van de schimmel naar de boom zich wijzigt onder invloed van stikstofdepositie. In buitenlands onderzoek komt naar voren dat de diversiteit aan vruchtlichamen licht afneemt als gevolg van natuurlijke successie na kroonsluiting van een ouder wordend bos, maar de in Nederland waargenomen achteruitgang sinds eind tachtiger jaren van de vorige eeuw is veel sterker. Veel soorten die in Nederland grotendeels zijn verdwenen, komen in gebieden met een veel lagere stikstofbelasting in het buitenland nog wel voor.



Volledig door ectomycorrhiza ingepakt boomworteltje: het is nog onduidelijk of en hoe de functionele relatie tussen ectomycorrhizaschimmels en bomen verandert als gevolg van stikstofdepositie.

Nieuwe inzichten in de relatie tussen bomen en herbivoren

Bomen hebben stikstof nodig, omdat het een onderdeel vormt van de verschillende soorten aminozuren, die op hun beurt de bouwstenen zijn van alle eiwitten. Eiwitten zijn belangrijk als bouwstof en ook enzymen zijn eiwitten. Enzymen zijn betrokken bij nagenoeg alle stofwisselingsprocessen, zoals bijvoorbeeld de fotosynthese. Om van stikstof aminozuren te maken en om verschillende vormen aminozuren in elkaar om te zetten zijn ook enzymen nodig, die op hun beurt alleen maar werken als ook de juiste metaalionen aanwezig zijn, zoals mangaan. Als de stikstofbeschikbaarheid hoog is en het aanbod van andere nutriënten laag, zoals nu in veel bossen het geval is, stagneert de productie van eiwitten. We zien dan de concentraties van enkele vrije aminozuren oplopen. Omdat de aminozuren niet tot eiwitten omgewerkt kunnen worden, worden er zowel in bomen, struikheide als grassen andere stikstofhoudende verbindingen geproduceerd, waardoor het stikstofoverschot wordt weggewerkt. In het jonge blad, waar de opbouw van eiwitten het belangrijkste is, treden deze effecten het sterkst op. De verschijnselen zijn niet uniek voor bossen, want behalve in eikenbomen is het ook al vastgesteld in struikheide en diverse grassoorten van stuifzand- en heidegebieden. Het vrije aminozuur arginine dat bij hoge beschikbaarheid van stikstof wordt aangemaakt in bladeren en naalden is al enkele tientallen jaren in gebruik als indicator voor stikstofdepositie. De stapeling van vrije aminozuren en het inbouwen van stikstof in andere verbindingen heeft belangrijke gevolgen voor dieren die van de bomen eten, maar is voor de planten ook niet helemaal zonder gevolgen. Doordat de aanwezige stikstof niet in eiwit kan worden omgezet, ontwikkelt het blad zich minder snel. De hoge stikstofconcentraties maken de bomen ook gevoeliger

In jong blad raakt de balans van vrije aminozuren verstoord door een overschot aan stikstof en een tekort aan nutriënten. Hierdoor nemen rupsenpopulaties af, maar soorten die van het zomerblad eten, zoals de meriansborstel, hebben hier geen last van.



>>

Bij een gebrek aan nutriënten en een overmaat aan stikstof, is de Amerikaanse eik (rechts) nog wel in trek (deze boomsoort behoudt een lage stikstofconcentratie in het blad), maar wordt er van de zomereik (links), met hele hoge stikstofconcentraties in het blad, nauwelijks nog gegeten



voor schimmels en insectenplagen. Het is echter niet zo dat insecten zondermeer profiteren van de veranderde chemische samenstelling van het boomblad. Als de stikstof- en nutriëntenvoorziening niet te ver uit de pas lopen en de eiwitproductie niet teveel in het gedrang komt, kunnen allerlei insecten massaal voorkomen, omdat het voor de insecten gemakkelijker wordt om in hun stikstofbehoefte te voorzien. Voorbeelden hiervan zijn de rupsenplagen van kleine en grote wintervlinder op de zomereik, die sinds de jaren 1980 toegenomen zijn in frequentie en omvang. Wanneer de onbalans tussen stikstof en overige nutriënten echter groter wordt, hebben vlinderrupsen te kampen met schadelijke effecten van zowel de onbalans in hun aminozuurvoorziening als de stikstofhoudende moleculen die de boom heeft gemaakt om het stikstofoverschot weg te werken. We zien een heel lage stand van herbivorenpopulaties op bomen die moeite hebben met de eiwitproductie in vergelijking met bomen die wel een goede eiwitsynthese laten zien. Onderzoek aan rupsenvraat bij zomereiken en struikheide heeft laten zien dat de ionenvoorziening van de rupsen hierbij niet de beperkende factor is en het hier dus gaat om indirecte effecten.

>>>

De kleine- (a) en grote wintervlinder (b) kunnen zomereiken in mei volledig ontbladeren, maar ze kunnen niet leven op eikenbomen met een nutriëntentekort in combinatie met de stikstof overmaat.



Eikensterfte

In een quick-scan in 2013 gaf tachtig procent van de beheerders van eikenbossen aan dat er sprake was van eikensterfte en een derde deel van hen betitelde de sterfte als ernstig, dat wil zeggen een sterftepercentage tussen de twintig en zestig procent. De meeste meldingen kwamen uit het oosten en zuiden van het land. Het is nog niet volledig ontrafeld in hoeverre dit een natuurlijk fenomeen is, een gevolg van milieuvervuiling of vooral samenhangt met de aanplant van eikenbossen in het verleden op standplaatsen waar ze zich van nature niet ontwikkeld zouden hebben. Het grote probleem bij het duiden van de oorzaken van de eikensterfte is dat er meerdere factoren bij betrokken zijn, zoals droogte, verschillende plaaginsecten en nutriëntengebreken, die waarschijnlijk ook deels door elkaar in de hand worden

gewerkt. Oriënterend onderzoek heeft laten zien dat verminderd vitale en afstervende eiken nu vooral op zure (of verzuurde) gronden staan. Op deze gronden lijkt door verzuring de buffercapaciteit van de bodem zover te zijn afgenomen, dat de bomen gebrek krijgen aan Ca, K en Mg en onder andere verlaagde chlorofylconcentraties in bladeren hebben. Dit kan ook weer leiden tot een verminderde resistentie tegen stressoren, zoals droogte en schimmelaantasting. Het is nog onduidelijk hoe het web van oorzaak-gevolg interacties er precies uitziet. De problematiek van hoge stikstof- en lage nutriëntengehalten die centraal staat in deze brochure sluit aan bij de bodem- en plantchemische bevindingen in het eikensterfte-onderzoek en speelt dus waarschijnlijk ook een rol.



Eikensterfte is een complex probleem dat nog niet volledig ontrafeld is

Effecten tot in de top van de voedselketen

Het zal duidelijk zijn dat bij het wegvallen van herbivore insectenpopulaties ook insectenetters hiervan last ondervinden. Het gaat hierbij onder andere om insecten en zangvogels, maar ook voor bijvoorbeeld vleermuizen is het aannemelijk dat de voedselbasis is versmald. Als direct effect van verzuring en een lage calciumbeschikbaarheid zijn ook soorten met een hoge calciumbehoefte veelal verdwenen, zoals de huisjesslakken. Dit heeft nadelige gevolgen voor dieren die slakken als hoofdvoedsel hebben of de huisjes eten in tijden van hoge calciumbehoefte.

Hiernaast zien we ook problemen in de voedselketen door een veranderde aminozuursamenstelling van het voedsel. Veel diersoorten hebben ongeveer 10 verschillende aminozuren nodig in hun voedsel, omdat ze niet in staat zijn alle aminozuren zelf te produceren. Als

één of meerdere van deze aminozuren schaars worden, heeft dat direct gevolgen voor de opbouw van eiwitten in dieren en de functies die deze eiwitten in het lichaam hebben. Zo zien we dat insecten minder goed in staat zijn plantaardige vitaminen met eiwitten te binden, vogels eieren leggen waarin de embryo's doodgaan als gevolg van aminozuurgebrek en roofvogels een groot deel van hun borstspier opsouperen om de juiste aminozuursamenstelling voor hun eieren te verkrijgen. Het is nog de vraag welke veranderingen in de bomen het sterkst in de voedselketen worden doorgegeven: die van een veranderde balans in de vrije aminozuren of de stapeling van stikstofhoudende verbindingen die niet voor de eiwitsynthese gebruikt kunnen worden. Deze laatste kunnen bijvoorbeeld aminozuurachtige verbindingen zijn die abusievelijk in eiwitten worden ingebouwd, waardoor het eiwit defect raakt. Dergelijke verbindingen kunnen accumuleren in de voedselketen en tot ziekten leiden bij top-predatoren. De effecten in de voedselketen gaan ook gepaard met veranderingen in de populatiegrootte van de verschillende diersoorten.

Als de insectenaantallen achteruitgaan, wordt het voor insectivoren, zoals de rosse vleermuis, moeilijker om aan voedsel te komen.

>>

Huisjesslakken met een hoge calciumbehoefte zijn erg gevoelig voor verzuring van zwak-lemige bodems. De vale regenslak komt bij gevolg in grote delen van het droge zandlandschap niet (meer) voor.





Vogels eten graag huisjeslakken tijdens de eileg, omdat ze de kalk nodig hebben om eischalen te maken. De zanglijster eet de slakken zelf ook graag.



Er zijn veel embryonale afwijkingen beschreven die kunnen ontstaan door gebreken of onbalansen in de aminozuursamenstelling van vogeleieren (sperwerembryo met open hersenen, open ruggetje (niet te zien op de foto) en gespleten bovensnavel-aanleg)



Onder invloed van aminozuurgebreken in de eilegperiode zijn sperwers sterk in aantallen achteruitgegaan in bossen op arme zandgronden.

Niet alle soorten hebben te lijden

De effecten van een veranderde voedingswaarde van planten als gevolg van verzuring en vermisting op de fauna treden niet bij alle soorten op. Zo zien we bijvoorbeeld wel effecten bij sperwers, maar niet bij bosuilen, terwijl ze in hetzelfde bosgebied leven. De groene specht heeft het nog moeilijk in de bossen van het droge zandlandschap, terwijl het de zwarte en bonte spechten goed vergaat. Hoe kan dit? In de eerste plaats moeten we voorzichtig zijn alle populatieschommelingen en -trends op te hangen aan de verzurings- en vermistingsproblematiek. Er speelt nog een groot aantal andere processen, zoals veranderingen in omringende cultuurland, vegetatiesuccessie in het bos, klimaatverandering of ophoping van gifstoffen, zoals PCB's en dioxinen. Desalniettemin kunnen we mogelijke verklaringen geven voor verschillende populatietrends vanuit het perspectief van de beschreven gevolgen van verzuring en vermisting.

Neem bijvoorbeeld het verschil in trend tussen sperwers en bosuilen. Terwijl de stand van sperwers sterk achteruit gegaan is, blijft de populatie van bosuilen opvallend constant, terwijl beide soorten in hetzelfde bosgebied leven. Ook hoeven bosuilen hun borstspier niet te gebruiken om de eileg mogelijk te maken, zoals we dat bij sperwers zien. Een cruciaal verschil tussen roofvogels en uilen is dat uilen blindzakken aan hun darmen hebben, waarin urinezuur wordt gerecycled door bacteriën die er aminozuren van maken. Uilen hebben op deze manier een eigen extra bron van aminozuren, waardoor ze minder gevoelig zijn voor een verstoringen in hun aminozuurvoorziening voor de eileg.

Ook diersoorten die hun voedsel vooral betrekken uit de detritivore tak van het voedselweb hebben minder last van tekorten van bepaalde aminozuren, omdat hier de aminozuren niet door de planten, maar door bacteriën worden gemaakt. Zo kan de middelste bonte specht oprukken in onze bossen, terwijl de groene specht het moeilijk heeft op de droge zandgronden. Rode bosmieren die de groene specht ook op het menu heeft staan, zijn op hun beurt in de huidige droge bos-



Bosuilen komen nog steeds veel voor in bossen waar sperwers zijn verdwenen. Mogelijk komt dit doordat bosuilen bacteriën met zich meedragen in hun darmstelsel die extra aminozuren leveren.



De middelste bonte specht hakt veel prooien uit dood hout en is hierdoor minder afhankelijk van de groene vegetatie als bron van aminozuren.

sen in Nederland vaak niet in staat hun kolonies te laten groeien, waarschijnlijk door voedselgebrek. Dit zou mede bepaald kunnen worden door stikstofdepositie, omdat hierdoor herbivore prooipopulaties afnemen in nutriëntenarme bossen.

Op basis van fysiologische eigenschappen en hoe soorten in het voedselweb hangen, zullen diersoorten dus gevoeliger of ongevoeliger zijn voor de effecten van verzuring en vermesting.



De groene specht heeft het nog altijd moeilijk op de droge zandgronden en ook mieren die hun belangrijkste voedselbron vormen, staan onder druk.

Aan- en afvoer van stikstof en nutriënten

De meest voor de hand liggende en meest effectieve maatregel om aan de hierboven beschreven tegemoet te komen is het verlagen van de stikstofdepositie. De gevoeligheid van droge bossen voor verzuring en vermesting werkt veel verder door in het ecosysteem dan voorheen werd gedacht. Dit betekent ook dat het nog onduidelijk is wat de werkelijke kritische depositiewaarde zou moeten zijn, waarbij vlinderrupsen, bijvoorbeeld van kleine en grote wintervlinder op zomereik, hun levenscyclus weer op de bomen kunnen voltooien. Waarschijnlijk ligt deze lager dan de nu gehanteerde grenswaarden. Ook na verlaging van de stikstofdepositie zullen de effecten van vermesting en verzuring nog niet zomaar weg zijn, omdat het systeem stikstofverzaagd is en ook bodemverzuring zich maar heel langzaam herstelt.

Omdat het bos van het droog zandlandschap erg gevoelig is gebleken, moet er voorzichtig worden omgesprongen met herstelmaatregelen en bosexploitatie. Zowel tak-, top hout als strooisel zijn relatief nutriëntenrijk ten opzichte van stamhout. Er is becijferd dat oogst van stamhout alleen al kan leiden tot een negatieve balans van verschillende elementen. Het oogsten van tak- en top hout en strooiselverwijdering moeten dus al helemaal ontraden worden in bossen op leemarme bodems. Hoewel met de afvoer hiervan ook stikstof uit het bos verdwijnt, wordt de balans tussen stikstof en nutriënten alleen maar ongunstiger en functioneel herstel lastiger. Stikstof wordt namelijk tamelijk snel weer vanuit de lucht aangevuld, terwijl het gebrek aan verweerbare mineralen ertoe leidt dat de nutriënten, die met strooiselverwijdering verdwijnen, nauwelijks worden aangevuld. Het grote belang van dikker staand en liggend dood hout voor de biodiversiteit van bossen



Hoe meer er sprake is van verzuring, des te belangrijker het is om biomassa (en dus nutriënten) in het bos te laten.



is al veel langer onderkend, dus ook dat moet zoveel mogelijk in het bos blijven.

Een andere voor de hand liggende oplossing zou zijn het aanvullen van mineralen en nutriënten in de bodem, waarmee tegelijkertijd ook de verzuring kan worden aangepakt. Deze denkrichting wordt nu op enkele plaatsen experimenteel onderzocht. Bekalkingsproeven in het verleden zijn vooral uitgevoerd bij commercieel interessante boomsoorten en niet bij de soorten die van het natuuroogpunt het waardevolst zijn. Behalve kalk, wat een groot effect heeft op de bodem pH en calcium terugbrengt in het ecosysteem, is het ook belangrijk dat balansen van andere nutriënten worden hersteld, zoals kalium, magnesium en mangaan. Er zal dan bij voorkeur gewerkt moeten worden met stoffen die een gemengde samenstelling hebben (en niet bestaan uit zuiver calciumcarbonaat) en tekorten aanvullen zonder zelf andere problemen te veroorzaken, zoals zware metalen toxiciteit, bijvoorbeeld door een overschot aan mangaan. Het gebruik van langzaam verweerbaar steenmeel kan de duurzaamheid van de maatregelen vergroten en

herstelt ook de voorraad verweerbare mineralen in het systeem. Omdat uitgangssituaties sterk van elkaar verschillen, is er waarschijnlijk niet slechts één recept om in alle situaties het nutriënten- en mineralenherstel optimaal uit te voeren. Er moet nog onderzocht worden hoe het beste maatwerk geleverd kan worden en of er zich bijkomende problemen voordoen, zoals vervuiling van de ondergroei en nadelige effecten op bodembiota. Een probleem bij het gebruik van kalk en steenmeel is dat deze stoffen op de strooisellaag aangebracht worden en hier dus ook direct effecten kunnen hebben. Een uit ecologisch oogpunt betere aanpak zou zijn de minerale bodem te herstellen, waarna de nutriënten en bufferstoffen via bladval geleidelijk in de strooisellaag terechtkomen. In productiebossen is dit mogelijk als bij boomaanplant mineralen en nutriënten in het plantgat aangebracht worden. De nutriënten komen via bladval in de strooisellaag. Hieromtrent leven echter ook nog veel vragen wat betreft de effectiviteit op standplaats- en ecosysteemniveau en de duurzaamheid.

De eerste experimenten met het gebruik van steenmeel in heidegebieden zijn ingezet en ook in bossen zullen de effecten hiervan onderzocht worden.

<<

Vroeger is er vooral onderzoek gedaan naar boomsoorten die voor de productie werden aangeplant, zoals de douglas-spar.

Ecologische processen

Ook kan op een indirecte manier het boscysteem ondersteund worden. Het is echter nog onduidelijk hoe groot de impact van het gericht aansturen van ecologische processen op de verzurings- en vermestingsproblematiek kan zijn.

Het verstevigen van de detritivore kant van het voedselweb in het bos kan mitigerend werken, omdat via de afbraak van dood organisch materiaal meer aminozuren van bacteriële oorsprong in omloop komen. In heel oude en onbeheerde bossen kan tot 30-40% van het aanwezige staand en liggend stamhout dood zijn. Er is een menging van allerlei decompositiestadia en van alle boomsoorten die in het bos aanwezig zijn. Dit levert een enorme biodiversiteit op van schimmels en

hout- en schimmelelers, die vaak gespecialiseerd zijn op dood hout van een bepaalde boomsoort dat zich in een bepaald decompositiestadium bevindt. Ruim 40% van de bosgebonden fauna is gerelateerd aan staand of liggend dood hout. Veel boktorren leven bijvoorbeeld in kwijnend of net afgestorven hout, terwijl het vliegend hert gebaat is bij eikenhout met witrot. De afbraak van strooisel kan gestimuleerd worden door maatregelen zoals toevoer van bufferstoffen (hierboven besproken), maar ook door het stimuleren van gunstiger mengingen van boomsoorten. Het strooisel van naaldbomen verteerd slecht, van eik en beuk moeizaam, terwijl het blad van berk en lijsterbes een veel snellere omzetting laat zien. Menging van boomsoorten heeft vaak een versterkende werking op de decompositie. Ook verschillen boomsoorten in de mate waarin ze bufferstoffen uit diepere bodemlagen opnemen en via bladval toedienen aan de strooisellaag, hetgeen gedeeltelijk samenhangt met de afbraaksnelheid.

In natuurlijke, onbeheerde bossen kan 30 tot 40% van al het stamhout dood zijn (oerbossen van Slovenië).

>>

Schimmels zijn vaak specifiek in hun voorkomen wat betreft de boomsoort en de fase van aftakeling en decompositie. De pruikzwam komt vooral voor op stamwonden in beuken. Eigenlijk is het een saprofyt, die echter houtweefsel doet afsterven, voordat hij het kan verteren. Hierdoor wordt de soort ook wel als parasiet geclassificeerd.





Menging van grove den met lijsterbes leidt tot een snellere strooiselomzetting.

Moder bestaat uit poepjes van bodemfauna (hier van regenwormen), die door schimmeldraden zijn gestabiliseerd en geaggregeerd. Als alleen kleine bodemfauna bijdraagt aan de modervorming, (bijvoorbeeld springstaarten zoals op de foto), ontstaat er moder met een veel fijnere structuur.

Voor sommige nutriënten is een goede omzetting van strooisel van groter belang dan voor andere: mangaan en calcium worden bijvoorbeeld niet door de bomen teruggetrokken uit het blad in de herfst, maar moeten via de strooisellaag opnieuw voor de bomen beschikbaar komen. Het effect van een verhoogde mineralisatie op de nutriëntenvoorziening van de bomen kan (deels) teniet worden gedaan omdat de vrijkomende nutriënten gebruikt worden door bodemorganismen. Deze immobilisatie van voedingsstoffen geldt ook voor de aanwezige stikstof in de bodem, waardoor de stikstofbeschikbaarheid voor planten afneemt.

De opbouw van de strooisellaag geeft belangrijke aanwijzingen over de manier waarop de omzetting van organisch materiaal verloopt. De vorming van moder in het humusprofiel geeft aan dat, gegeven het zure karakter van de bosbodem, de vertering van het organisch materiaal sneller verloopt door een grotere bijdrage van bodemfauna.



Herstel raakt ook doelstellingen

Uit het bovenstaande is duidelijk dat bossen op mineralen- en nutriëntenarme bodems gevoelig zijn voor vermesting en verzuring, maar ook voor beheer en herstelmaatregelen die zich hierop richten. (Steenmeel) bemesting of ingrijpen in de boomsoortensamenstelling kan grote gevolgen hebben die deels nog onbekend zijn. Er zijn daarbij ook al snel gevolgen voor de doelstellingen die we met bossen hebben: een maatregel die goed is voor het één hoeft niet goed te zijn voor het ander. Een bemestingsmaatregel die goed kan uitpakken voor de overleving en groei van de zomereik kan bijvoorbeeld slecht uitpakken voor de karakteristieke ondergroei (verruiging). De omvang en aard van maatregelen zullen dan ook samenhangen met het doel dat de bosbeheerder nastreeft. Soms is dit makkelijk, zoals bijvoorbeeld het verwijderen van Amerikaanse eik in natuurbossen. Bij de (her)introductie van boomsoorten als maatregel zal in de regel worden aangesloten bij de historisch-ecologische context van hun voorkomen. Dit alles maakt dat er geen uniform panacee zal zijn en dat maatregelen ook goed doordacht moeten worden, alvorens aan de slag te gaan. Voorzichtigheid is dan ook geboden en de maatregelen moeten worden gezien als experimenteel. Het is van belang dat we door een goede opzet en vastlegging ook van beheerexperimenten kunnen leren en dat resultaten snel gedeeld worden.

Handreikingen voor dood hout in het bos

Er zijn verschillende manieren om met dood hout om te gaan in het bosbeheer. Vanuit ecologisch perspectief zou het omzagen van oude bomen en reeds kwijnende bomen gemeden moeten worden, omdat deze op afzienbare termijn al voor extra dood hout gaan zorgen. Ook takhout dat langzaam afsterft en waarin de sapstromen langzaam stagneren, vormt een habitatelement op zichzelf. Variatie in dood hout werkt door in de biodiversiteit, dus combinaties van staand en liggend dood hout in verschillende decompositiestadia en van meerdere boomsoorten zijn ideaal. Bij het omzagen van bomen voor de houtoogst ontstaat er een meerwaarde als dit op enige hoogte gebeurt: het omzagen van grove dennen op een meter hoogte geeft bijvoorbeeld veel meer mogelijkheden voor de ontwikkeling van wortelboktorpopulaties en hiermee de voedselvoorziening van zwarte spechten dan wanneer de bomen ter hoogte van het maaiveld omgelegd worden.

<<

Takhout dat langzaam afsterft, vormt een habitat-element op zichzelf.

Kwijnende bomen gaan binnen afzienbare tijd door natuurlijke dunning dood hout aan het bos leveren.



Kennisuitwisseling via het OBN

Het Deskundigenteam Droog zandlandschap richt zich op stuifzanden, droge heide, droog schraalgrasland en droge bossen van het pleistocene zandlandschap. Door atmosferische depositie van N- en -voorheen- S-verbindingen is zowel verzuring als vermessing opgetreden. Dit heeft tot een sterke kwalitatieve afname van de kenmerkende voedselarme en (zeer) zwak gebufeerde habitattypen van het droog en nat zandlandschap geleid. In tegenstelling tot bij de meeste andere landschappen biedt de hydrologie geen aanknopingspunten voor herstelmaatregelen. In het droge zandlandschap zullen die gezocht moeten worden in het toevoegen of verwijderen van elementen uit de bodem. Afgelopen jaren heeft onderzoek plaatsgevonden naar te nemen herstelmaatregelen in stuifzand, droge heiden en droge bossen, evenals onderzoek naar paddenstoelen en verjonging van jeneverbes. Lopende onderzoeken richten zich vooral op de mogelijke herstelmaatregelen in bossen en droge heiden. Daarbij wordt nadrukkelijk ook gekeken naar de (ontbrekende) herstelstrategieën en de uitvoering van de PAS.



Ter verdieping

- Bijlsma, R.J., J. den Ouden & H.N. Siebel. 2009. *Oude eikenbossen: nieuwe inzichten en kansen voor het beheer*. De Levende Natuur 110(2): 77-82.
- Bijlsma, R.J., J. Sevink & R.W. de Waal. 2012. *Herstelstrategieën Deel III: Landschapsecologische inbedding van de herstelstrategieën*. Droog zandlandschap. pas.natura2000.nl/pages/herstelstrategieen-deel_iii.aspx
- Bobbink, R., D. Bal, H.F. van Dobben, A.J.M. Jansen, M. Nijssen, H. Siepel, J.H.J. Schaminée, N.A.C. Smits & W. de Vries. 2014. *De effecten van stikstofdepositie op de structuur en het functioneren van ecosystemen*. In: *Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats: Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel I: Algemene inleiding op herstelstrategieën: beleid, kennis en maatregelen*. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag, pp.41-82.
- Bonten, L.T.C., R.J. Bijlsma, S.P.J. van Delft, J.J. de Jong, J.H. Spijker & W. de Vries. 2015. *Houtoogst en bodemvruchtbaarheid. Een modelstudie naar duurzaamheid van houtoogst op Nederlandse bosgroeiplaatsen*. Alterra-rapport 2618, Wageningen.
- Burg, A. van den, A. Dees, T. Huigens, R.J. Bijlsma & R. de Waal. 2014. *Voedselkwaliteit en biodiversiteit in bossen van de hogere zandgronden*. Directie Agro kennis, Ministerie van EZ. Rapport 2014/OBN186-DZ, Den Haag.
- Lucassen, E.C.H.E.T., L.J.L. van den Berg, A.J.P. Smolders, R.C.H. Aben, J.G.M. Roelofs & R. Bobbink. 2014. *Bodemverzuring en achteruitgang zomereik*. Landschap 2014/4: 185-193.
- Oosterbaan, A. 2014. *Eikensterfte: ernst, oorzaken en beheer*. Vakblad Natuur, Bos en Landschap januari 2014: 22-25.
- Oosterbaan, A., R. Bobbink en M. Decuyper 2014. *Resultaten van een onderzoek naar de relatie van eikensterfte met droogte en bodemchemie*. Alterra-rapport 2575, Alterra Wageningen UR, 28p.
- Ozinga, W.A., E. Arnolds, P.J. Keizer & T.W. Kuyper (2013). *Paddenstoelen in het natuurbeheer. OBN preadvies paddenstoelen*. Ministerie van Economische Zaken.
- Siepel, H 2015. *De rol van de bodemfauna in oude bosbodem*. Vakblad Natuur, Bos en Landschap februari 2015: 23-25.
- Vries, W. de. 2008. *Verzuring: oorzaken, effecten, kritische belasting en monitoring van de gevolgen van ingezet beleid*. Alterra-rapport 1699, Wageningen.

**Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd
door het ministerie van Economische Zaken en BIJ12**

Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 9
3972 NG Driebergen
0343-745250

drs. W.A. (Wim) Wiersinga
Adviseur Plein van de kennis/
Programmaleider Kennisnetwerk OBN
0343-745255 / 06-38825303
w.wiersinga@vbne.nl

M. (Mark) Brunsveld MSc
Programma-medewerker OBN
0343-745256 / 06-31978590
m.brunsveld@vbne.nl