

Herstelstrategie H91 90: Oude eikenbossen

Hommel, P.W.F.M., J. den Ouden, H.P.J. Huiskes, W.A. Ozinga, G.A. van Duinen, M.J. Weijters, R. Bobbink & N.A.C. Smits

Leeswijzer

Dit document start met de kenschets uit het profieldocument (paragraaf 1) en geeft daarna een overzicht van de ecologische randvoorwaarden van het habitatype (paragraaf 2). Vervolgens wordt ingegaan op de effecten van atmosferische stikstofdepositie op het habitatype (paragraaf 3) en op andere processen die de kwaliteit beïnvloeden (paragraaf 4). Vervolgens komen in paragraaf 5 en 6 maatregelen aan bod om de achteruitgang te stoppen, dan wel de kwaliteit te verbeteren. Deze maatregelen dienen in aanvulling op het reguliere beheer (paragraaf 2) te worden uitgevoerd. In paragraaf 7 worden maatregelen voor uitbreiding besproken en in paragraaf 8 komt de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregelen aan bod. In paragraaf 9 worden de maatregelen in een overzichtstabel samengevat en het document wordt afgesloten met literatuurreferenties in paragraaf 10.

1. Kenschets

De tekst in onderstaand kader betreft de kenschets van het profielendocument van het habitatype.

Het habitatype betreft eiken-berkenbossen op zeer voedselarme, zure, vochtige tot droge, meestal zandige, leemarme bodems, vaak met een duidelijk podzolprofiel. Het zijn stuif- en dekzanden die door de wind zijn afgezet of in het verre verleden door gletsjerijs opgestuwde en verspoelde zanden. De bodem wordt enkel gevoed door regenwater, waardoor uitspoeling van elementen naar de diepere ondergrond optreedt.

In de boomlaag van Oude eikenbossen domineren Zomereik (*Quercus robur*) en Ruwe berk (*Betula pendula*). In de ijle struiklaag vallen vooral Wilde lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), Sporkehout (*Rhamnus frangula*) en Ratelpopulier (*Populus tremula*) op. De ondergroei is door de arme bodem doorgaans soortenarm en bestaat vooral uit zuurminnende dwergstruiken (Struikhei, Blauwe bosbes), grassen (Bochtige smele), mossen en paddenstoelen. Daaronder zijn een aantal typische soorten die vooral op oude boslocaties groeien. De mantel- en zoomgemeenschappen van dit bostype zijn van wezenlijk belang voor de soortensamenstelling van het habitatype.

Oude eikenbossen zijn beperkt tot oude bosgroeiplaatsen (van vóór 1850) en tenminste 100-jarige opstanden. Ze zijn in het algemeen ontstaan in het heide- en stuifzandlandschap van de Hogere zandgronden en hebben nu vaak de vorm van strubbenbossen. Zij onderscheiden zich daarmee van de bossen op de wat rijkere zandgronden (Beuken-eikenbossen met hulst H9120), die overigens ook oud zijn en een boomlaag van eiken kunnen hebben. Oude eikenbossen in de Duinen zijn onderdeel van het habitatype Duinbossen (H2180).

In de Oude eikenbossen komen vier soorten voor van de Vogelrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied.

Daarnaast is er één typische soort, waarvoor in dit habitatype mogelijke problemen als gevolg van stikstofdepositie worden verwacht. Er is onduidelijkheid over de effecten van stikstof op het leefgebied van de Wespandief (Sierdsema et al. 2008). Vooralsnog is deze soort niet meegenomen in deze herstelstrategie. De specifieke effecten voor fauna worden beschreven in Deel I (paragraaf 2.4). Afhankelijk van het belang en de functie van dit habitatype voor de soorten, kunnen ook andere habitats noodzakelijke onderdelen van het leefgebied vormen. Voor een volledig overzicht van de deelhabitats, zie bijlage 1 en 2 van Deel II.

Soortgroep	VHR-soort	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Vogels	Korhoen	Klein: foerageergebied	Ja	Afname kwantiteit en chemische kwaliteit voedselplanten (3) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Nachtzwaluw	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Zwarte specht	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	Ja (afname bosmieren en andere prooidieren)	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Draaihals	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Koeler en vochtiger microklimaat (1) + afname prooibeschikbaarheid (6)

Soortgroep	Typische soort	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Vogels	Matkop	Groot: foerageer- en voortplantings-gebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitatype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument <https://www.natura2000.nl/profielen/h9190-oude-eikenbossen>

Een beperkend criterium is dat het bos – wil het kwalificeren – deel moet uitmaken van een minimaal honderdjarige opstand van Zomereik of staat op een bosgroeiplaats die ouder is dan 1850.

2. Ecologische randvoorwaarden

De bossen van dit habitatype komen voor op zeer tot matig voedselarme bodems, waarbij het aandeel hogere planten in de ondergroei beperkt is (in goede staat van ontwikkeling). De rijkdom aan mycorrhiza paddenstoelen, epifytische korstmossen en bladmossen is – of was – groot. De standplaats van de bossen is beperkt tot zeer voedselarme, vochtige tot droge zandgronden, vaak met een duidelijk humuspodzol profiel. Bij het uitblijven van beheer zal Beuk zich gaan

vestigen. De natuurlijke processen die verzuring en verarming van de zandgrond- en leemgronden hebben veroorzaakt, zijn terug te voeren op klimaatcondities (zoals het jaarlijks neerslagoverschot), versterkt door de komst en bevoordeling van eik als dominante boomsoort en later ook van de Beuk, en overig menselijk bosgebruik zoals houtoogst.

Voor de abiotische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) wordt volledig uitgegaan van de omstandigheden van vijf subassociaties van het Berken-Eikenbos (41Aa01ABCDE; Stortelder et al. 1999).

2.1 Zuurgraad

De optimale zuurgraad voor dit habitatype omvat een pH van 4,5 tot 3,0 (pH-H₂O). Als de pH stijgt boven de 4,5 kan het type niet meer in goed ontwikkelde vorm voorkomen (Runhaar et al. 2009).

2.2 Voedselrijkdom

De optimale range voor voedselrijkdom van dit habitatype is zeer voedselarm, waarbij matig voedselarm (het bereik van de subassociatie met brede stekelvaren van het Berken-Eikenbos) als een aanvullend bereik gezien moet worden. Het voorkomen van deze subassociatie duidt veelal op toegenomen beschikbaarheid van dood hout in het Nederlandse bos (De Waal et al. 2001).

2.3 Vochttoestand

Het kernbereik van dit habitat type is vochtig tot droog. Daarnaast is er aanvullend bereik vastgesteld van zeer vochtig. Dit aanvullend bereik en klasse vochtig worden bepaald door de subassociatie met pijpenstrootje. De andere classificerende subassociaties komen optimaal voor van matig droog tot droog (Runhaar et al. 2009).

2.4 Landschapsecologische processen

Zie de informatie uit de landschapsdoorsneden (Deel III).

2.5 Regulier beheer

Voor het duurzaam instandhouden van dit habitatype, inclusief de lichtminnende mantel- en zoomgemeenschappen, is ruimtelijke variatie in lichtaanbod (langs pad- en bosranden, in open plekken) vereist.

Oude eikenbossen zijn in tegenstelling tot de Beuken-eikenbossen met hulst (H9120) onderdeel van het sterk begraasde heide- en stuifzandlandschap. Een zeer open structuur met een dominantie van (Zomer)eik en de aanwezigheid van 'eikenclusters'(cirkelvormige boomgroepen, ontstaan uit sterk begraasde 'eikenstruiken' in heide op open bos zijn kenmerken van een goede structuur en functie. Andere goede structuurkenmerken zijn bomen in natuurlijke aftakelingsfase en de aanwezigheid van dood hout op de bosbodem. Goede voorbeelden zijn de zogenaamde strubbenbossen o.a. in Drenthe, op de Veluwe en op de Utrechtse Heuvelrug. Deze bossen of boomgroepen worden gekenmerkt door bijzonder grillige, knoestige en gedrongen eikenstammen. De strubben ontstonden op de overgang van eikenhakhout en heide en groeiden als gevolg van schapenvraat uit tot veelstammige struikjes. Veel van deze strubben werden waarschijnlijk vervolgens wel regelmatig gekapt, maar hebben geen oorsprong als een echt hakhout. Hetzelfde geldt voor de grillig gevormde meerstammige eiken die worden aangetroffen op randwallen in stuifzandgebieden. Dergelijke eiken kunnen groepen stammen vormen van

tientallen meters omtrek en zijn ontstaan door het instuiven van zand. Veel goed ontwikkelde oude boskernen zijn restanten van dergelijke oude wallen die ooit zijn ingeplant met eik. Dit gebeurde om het stuifzand te beteugelen en om het vee in de buurt van de hoeves te houden. Daarnaast produceerden deze wallen gebruikshout en werden regelmatig na de kap/hak mee begraasd (Elerie et al. 1993; Den Ouden & Spek 2007).

Strubbenbossen zijn botanisch van groot belang, omdat zij vaak relictpopulaties van oud-bossoorten kunnen herbergen. Een bekend voorbeeld vormen de Zeijerstrubben in Noord-Drenthe, met de enige groeiplaats in de Nederland van de Zweedse kornoelje (*Cornus suecica*). Ook zijn de “echte” strubbenbossen van belang vanwege het voorkomen van bijzondere (korst)mossen. De her en der in oude bossen voorkomende strubbe-achtige eikenclusters hebben daarentegen – vanuit het oogpunt van biodiversiteit – weinig meerwaarde ten opzichte van het omringende bos, maar het blijven desondanks curieuze en behoudenswaardige fenomenen, met als voorlopige kampioen een groep eikenstammen bij Maanschoten (Kootwijk) met een omtrek van 35 m (Hommel & Den Ouden 2010).

Het reguliere beheer – naast begrazing als onderdeel van jaarrond begrazing van omliggende heide- en stuifzandgebied – blijft veelal beperkt tot de uitkap van schaduwbomen (Beuk) en het bestrijden van invasieve soorten als Amerikaanse vogelkers. In open plekken en langs de bosranden is het nodig opschietende Grove den te verwijderen als deze gaat domineren en niet door begrazing wordt tegengehouden.

3. Effecten van stikstofdepositie

De kritische depositiewaarde is vastgesteld op 1071 mol N/ha/jaar (15 kg N/ha/jr). Dit getal is de bovenkant van de empirische range gelet op de modeluitkomst (Van Dobben et al. 2012). De Europese empirische range voor dit habitatype is gesteld op 10–15 kg N/ha/jr en wordt gezien als een expert-oordeel (Bobbink & Hettelingh 2011).

3.1 Verzuring

In dit systeem treedt van nature uitspoeling van basische kationen en stapeling van strooisel op, maar deze worden beide versterkt door verzuring als gevolg van atmosferische N-depositie en – in het verleden – S-depositie¹. Recente studies geven een duidelijke aanwijzing dat bodemverzuring ook in loofbossen met eik versneld wordt door N-depositie. Er zijn geen lange termijn N-additie experimenten in eikenbossen waar de N-depositie nog heel weinig verhoogd is; dit zou de beste manier zijn om de ecologische gevolgen van die depositie te achterhalen (Bobbink & Hettelingh 2011). Zeer recent is de relatie tussen bodem-pH en N-depositie uitgezocht in verschillende bostypen in een N-gradiënt van minder dan 5 kg N/ha/jaar tot bijna 25 kg N/ha/jaar. Het betrof bossen in Noord-Frankrijk, Vlaanderen, Duitsland, Zuid-Zweden en

¹ In de jaren negentig van de vorige eeuw was de bijdrage van S-verbindingen bij bodemverzuring nog aanzienlijk hoger, maar door de zeer sterke reductie van de emissies van S wordt het verzurend effect van atmosferische depositie in West-Europa nu vrijwel alleen bepaald (> 90%) door N-verbindingen. Gereduceerd N is overigens al decennia lang de hoofdcomponent (> 75%) van de N-depositie in Nederland (De Vries et al. 2019).

Estland, waarbij zowel oude als recente bossen in het onderzoek zijn betrokken. Voor loofbossen op oligotrofe bodems, veelal met Zomereik, werd een significante negatieve correlatie gevonden tussen N-depositie en bodem-pH: bij een N-depositie onder de 12,5 kg N/ha/jaar was de pH altijd 4,4–5,3, terwijl deze waarde bij N-deposities boven de 20 kg N/ha/jaar duidelijk lager was dan pH 4,0 (Bobbink et al. 2017 met gegevens verzameld door Haben Blondeel, Kris Verheyen et al. in het kader van het ERC Consolidator- Project 'PASTFORWARD' dat uitgevoerd wordt op het Labo Bos & Natuur van de Universiteit Gent). In eerder onderzoek in Zuid-Zweedse loofbossen met Zomereik is ook gevonden dat relatief hoge N-depositie (15–20 kg N/ha/jaar) correleert met meer bodemverzuring (lagere pH) en uitspoeling van basische kationen (Ca, K en Mg) (o.a. Falkengren-Grerup 1995). Langjarig onderzoek in een N-gradiënt en N-additie-experimenten in Zwitserse beukenbossen op droge bodem toont eveneens aan dat hogere N-depositie leidt tot significante verlaging van uitwisselbare kationen in de bodem en een toename van beschikbaar aluminium (Braun & Flückiger 2012, 2013). Uit bodemchemisch onderzoek in loofbossen op de hoge zandgronden in Nederland, met bijna altijd zomereikdominantie, blijkt dat de basenverzadiging op de meeste locaties zeer laag is (8–15 %; Bobbink et al. 2017; De Vries et al. 2017, 2019).

Oude eikenbossen onderscheiden zich van de Beuken-eikenbossen met hulst (H9120) van wat mineraalrijkere gronden door een zure organische humusvorm, waarin vooral schimmels en mijten een grote rol spelen bij de bladvertering. Verzuring van de bodem door atmosferische depositie van stikstof heeft in beide bostypen een negatief effect op het bodemleven en de strooiselvertering. Het resultaat is een versnelling van het natuurlijk proces van strooiselophoping. Typische bosplanten verdwijnen door verstikking door stapeling van slecht afbreekbaar strooisel (Bobbink et al. 2017). Verzuring en versterkte strooiselophoping hebben ook tot gevolg dat de mycorrhiza vormende paddenstoelen in aandeel teruglopen en dat de soortensamenstelling van de mycoflora verandert (Weeda et al. 2005; Arnolds & Veerkamp 2008; Van der Linde et al. 2018). De verwachte negatieve gevolgen van N-depositie op de ectomycorrhizabezetting van loofboomwortels zijn echter nog lang niet voldoende in de praktijk gekwantificeerd (Van der Linde et al. 2018, De Vries et al. 2019; kennislacune).

Door de bodemverzuring kan de zuurgraad sterk dalen, spoelen basische kationen versneld uit en komen vooral Al^{3+} , maar ook andere toxische metalen vrij. Verder wordt de nitrificatie geremd, waardoor NH_4^+ de dominante vorm van stikstof in de bodem wordt (Lucassen et al. 2014b, Bobbink et al. 2017). Veel planten- en diersoorten verdragen de lage pH en hoge concentraties van vrij Al^{3+} en NH_4^+ niet. Verzuring van het wortelmilieu en afname van de basenbeschikbaarheid heeft nadelige gevolgen voor de vitaliteit van bomen (Bobbink & Hettelingh 2011; Lucassen et al. 2014a, 2014b; Oosterbaan et al. 2014; Bobbink et al. 2017; De Vries et al. 2019). Voor zowel Zomereik als Gewone beuk wijst het beschikbare onderzoek erop dat deze boomsoorten een minder diepgaand wortelstelsel hebben bij verhoogde N-depositie en de daarbij optredende bodemverzuring. Het is aannemelijk dat de opnamecapaciteit voor nutriënten kleiner is bij verlaagde vitaliteit (of bij hoge N-depositie) en dat de kans op droogtestress door de geringere worteldiepte in aangetaste situaties verhoogd zal zijn (Oosterbaan et al. 2014; De Vries et al. 2019). Vergelijkend onderzoek naar de bodemchemie en chemische samenstelling van blad en hout tussen vitale, minder vitale en dode Zomereiken op zure bodems in Nederland en Noorwegen liet in niet vitale bomen inderdaad lagere concentraties Ca, Mg, K en P zien dan in vitale bomen, veelal op of onder vastgestelde deficiëntiewaarden voor Zomereik (Lucassen et al. 2014a, 2014b). Terwijl de beschikbaarheid van verschillende basen (plantenvoedingsstoffen) door

verzuring lager wordt, wordt die van stikstofverbindingen juist hoger door atmosferische N-depositie. Er zijn sterke aanwijzingen dat deze nutriëntenonbalans leidt tot verschuivingen in onder andere de gehalten van aminozuren in planten, toename van vrije aminozuren (arginine) en wegwerking van stikstof in andere verbindingen dan eiwitten (non-protein nitrogen). Dit maakt eikenbomen vatbaarder voor infecties en insectenplagen (Lucassen et al. 2014b; Wang et al. 2013), maar kan ook nadelige gevolgen hebben voor de herbivoren en de dieren van hogere trofische niveaus, zoals insectivore zangvogels en roofvogels (Van den Burg et al. 2014; Van den Burg & Vogels 2017; Nijssen et al. 2017). Verder is bekend dat de sterke verzuring van de bossen door depositie van vooral zwavelverbindingen in de tweede helft van de vorige eeuw leidde tot een afname van de beschikbaarheid van calcium, met als gevolg het verdwijnen van huisjesslakken en problemen met eieren en botontwikkeling bij zangvogels (Graveland & Gijzen 1994; Graveland et al. 1994). Door het terugdringen van de verzurende zwaveldepositie gedurende de jaren 1980 kwam weer meer calcium in omloop in de bossen en leek dit probleem te zijn opgelost. Recent zijn in bossen op zure zandgrond echter wel weer problemen met eieren en botten bij zangvogels geconstateerd (Van den Burg 2017). Welke oorzaak-gevolgrelaties in de problematiek van basenbeschikbaarheid en voedselkwaliteit voor de verschillende trofische niveaus in het boscysteem van belang zijn, is grotendeels een **kennislacune**.

3.2 Vermesting

Vermesting heeft een direct effect op korstmossen, wat vooral voor de korstmosrijke variant van dit bostype een probleem oplevert. Ook veel kenmerkende mycorrhiza paddenstoelen zijn zeer gevoelig voor vermisting. Bij een verhoogde beschikbaarheid van stikstof in de bodem nemen mycorrhiza-paddenstoelen daardoor sterk in aandeel af en veel kenmerkende soorten verdwijnen (Ozinga & Arnolds 2003; Van der Linde et al. 2018). Het gaat hierbij onder andere om soortgroepen als stekelzwammen en gordijnzwammen (Arnolds & Veerkamp 2008). De verschuiving in diversiteit en soortensamenstelling van mycorrhizapaddenstoelen heeft waarschijnlijk indirect ook effect op hogere planten. Op droge, voedselarme bodems spelen mycorrhizapaddenstoelen voor bomen een sleutelrol bij de opname van nutriënten en de bescherming tegen diverse vormen van stress zoals droogte, zware metalen en diverse ziekteverwekkers. Er zijn grote verschillen tussen de soorten mycorrhiza paddenstoelen in de mate waarin ze de verschillende functies vervullen (Ozinga et al. 1997), zodat een soortenrijke paddenstoelenflora bijdraagt aan de veerkracht van boscystemen. De mate waarin verschillende functies onder druk komen te staan bij vermisting is echter nog onvoldoende bekend (**kennislacune**).

Boomgroei wordt vrijwel altijd gestimuleerd door een verhoging van de N-depositie tot een niveau van 15 kg N/ha/jaar, maar bij langdurige en hoge N-depositie (boven de 20-30 kg N/ha/jaar) neemt de groei veelal weer af en kan dan lager zijn dan in gebieden met een lage N-depositie (Bobbink & Hettelingh 2011; De Vries et al. 2014). Afname in groei bij hogere N-depositie wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verzuring en daaraan gerelateerde veranderingen in de bodemchemie (tekorten aan basen, daling pH, hoge concentratie NH_4^+ en Al^{3+} ; zie 3.1), maar beperking door P kan ook een rol spelen (Braun & Flückiger 2013). Zoals in 3.1 is aangegeven, kan de toename van de beschikbaarheid van stikstof, in combinatie met de door uitspoeling (versneld door verzuring) afgenomen beschikbaarheid van basen leiden tot problemen in de vitaliteit en bladkwaliteit van bomen en werkt dit door in de verschillende trofische niveaus in het boscysteem (Van den Burg et al. 2014; Van den Burg & Vogels 2017). Immobilisatie van stikstof kan optreden na verhoging van de basenverzadiging in combinatie met de aanwezigheid

van bodemfauna (met name regenwormen) en goed afbreekbaar strooisel (Kemmers 2011). Om tot effectieve maatregelen te komen, is meer inzicht nodig in de processen die hierbij een rol spelen en zijn experimenten nodig met het verhogen van de basenbeschikbaarheid in bossen (toedienen van steenmeel; kennislacunes).

3.3 Toxische stoffen

De bodem van dit bostype kan zo zuur zijn dat aluminium als buffermechanisme werkt. De tolerantie van eik en ook beuk voor deze giftige stof is relatief hoog (De Schrijver et al. 2010). De mate van tolerantie van eik en beuk wordt mede bepaald door de soortensamenstelling van mycorrhiza paddenstoelen. Ook voor de heide-achtigen (Struikhei en bosbessen) geldt dat zij een relatief hoge tolerantie hebben voor vrij aluminium.

3.4 Fauna

Voor het leefgebied van VHR- en/of typische diersoorten geldt dat de effecten van stikstofdepositie via de volgende factoren doorwerken: veranderingen in de strooisel-, kruid- en struiklagen en daardoor een koeler en vochtiger microklimaat, afname van de kwaliteit en kwantiteit van voedselplanten en afname van de prooibeschikbaarheid en -kwaliteit. Een uitsplitsing van deze factoren naar de onderscheiden soorten is terug te vinden in de kenschets en een beschrijving van de specifieke factoren is terug te vinden in paragraaf 2.4 van Deel I. In recent onderzoek is naar voren gekomen dat een hoge stikstofbeschikbaarheid in combinatie met een laag aanbod aan kationen (o.a. Ca, Mg, K en Mn) in dit soort arme bossen kan leiden tot een toename van vrije aminozuren en andere stikstofhoudende verbindingen in het blad van zowel bomen, dwergstruiken als grassen. Dit heeft belangrijke gevolgen voor onder meer herbivore insectensoorten die bladmateriaal als hoofdvoedsel hebben, zoals rupsen. Op eikenbomen die moeite hebben met de eiwitproductie (zie ook 3.1) zijn heel lage aantallen rupsen gevonden in vergelijking met bomen die wel een goede eiwitsynthese lieten zien. Hoewel de oorzaak-gevolgrelaties grotendeels nog een kennislacune zijn, is wel duidelijk dat deze effecten vervolgens doorwerken in de rest van de voedselketen. Zangvogels, vleermuizen en uiteindelijk ook toppredatoren zoals roofvogels hebben te maken met een afname van de beschikbare prooi biomassa en een veranderde balans in vrije aminozuren en stapeling van stikstofhoudende verbindingen die niet voor de eiwitsynthese kunnen worden gebruikt. Vogels leggen eieren waarin de embryo's doodgaan en dieren worden ziek. Zo zijn sperwers sterk in aantal achteruitgegaan in bossen op de arme zandgronden (Van den Burg et al. 2014; Van den Burg & Vogels 2017; Nijssen et al. 2017).

4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

4.1 Successie

Dit habitatype komt voor op zeer arme standplaatsen, waar het Berken-Eikenbos optimaal voorkomt. Toch vestigt ook hier de Beuk zich langzaam en ook Hulst. Hiermee start de ontwikkeling naar een volgend bostype (en ander habitatype: H9120). Voor deze ontwikkeling is een bos van enig omvang nodig (ontwikkelen bosklimaat), kleinschalige bospercelen kunnen zeer lang in het eerste successiestadium blijven hangen (Bijlsma et al. 2009).

4.2 Dominantie exoten

Ook binnen dit bostype kan Amerikaanse vogelkers gaan woekeren, vooral in sterk begraasde situaties (Vanhellemond et al. 2011). Dominantie van Amerikaanse vogelkers kan leiden tot een vermindering van de habitatkwaliteit. Dit is vooral het geval wanneer de soort een hoge bedekking bereikt op randwallen (ingestoven in de randen van oude bossen) waarvan de noordhellingen bijzonder zijn door het voorkomen van noordelijke soorten zoals Zevenster (Bijlsma et al. 2010).

4.3 Directe bemesting

Voorals wanneer Oude eikenbossen grenzen aan landbouwgebied, vindt er veelal inwaai van meststoffen plaats. Deze zorgen in de van nature voedselarme situatie voor een versnelling van de successie naar de rijkere subassociaties binnen dit bostype. Veelal beperkt dit vermestende effect zich tot de rand van het bos (zie ook 4.4).

4.4 Randeffecten

Er is een duidelijk verschil tussen de depositie op de bosrand ten opzichte van de kern van het bosperceel. Algemeen wordt het verloop van dit effect beschreven met een exponentieel afnemende curve (De Schrijver et al. 2007a). Belangrijk is ook dat er een opmerkelijk verschil in bosrandeffecten gevonden wordt tussen loof- en naaldbossen. De hogere stikstofdepositie in naaldbossen dan in naburige loofbossen (De Schrijver et al. 2007b) is nog sterker uitgesproken in de bosrand dan in de boskern (o.a. Wuyts 2009). Door Wuyts is ook onderzoek gedaan naar de vormgeving van de bosrand in relatie tot invang van stikstof. Hierbij werd aangetoond dat een geleidelijk opgaande bosrand leidt tot een significante verlaging van de depositie in de kern in vergelijking met een bosrand met een abrupte overgang in vegetatiehoogte (Wuyts et al. 2009).

4.5 Ontoereikend regulier beheer

Afhankelijk van de voedselrijkdom van de standplaats en vochttoestand, zal zonder regulier beheer de Gewone beuk zich geleidelijk uitbreiden en zal het habitatype op lange termijn verdwijnen. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

Ook voor dit bostype geldt dat specifieke maatregelen om de gevolgen van het vermestende effect van stikstof tegen te gaan grotendeels samenvallen met een (licht aangepaste) reguliere beheerstrategie (mond. meded. Bijlsma). Voor het tegengaan van de gevolgen van het verzurende effect en verbeteren van de basentoestand is als experimentele maatregel toediening van basenleverende stoffen (steenmeeltoediening) mogelijk. Directe bekalking is niet aan de orde vanwege verschillende ongewenste neveneffecten, zoals een verhoogde mineralisatie waarbij meer stikstof beschikbaar komt (Wolf et al. 2006).

5.1 (Extra) begrazen

Bosbegrazing als middel om – door atmosferische depositie van stikstof toegenomen – dominantie van Bochtige smele tegen te gaan, wordt in ons land sinds de jaren zeventig toegepast (Kuiters 1997). In Oude eikenbossen in strubben en op randwallen sluit dit beheer aan bij het historisch landgebruik.

Op grond van een vijf jaar durend experiment concluderen [Kemmers et al. \(1997\)](#) dat intensieve bosbegrazing door runderen kan leiden tot een zeer aanzienlijke verlaging van de aanwezige hoeveelheid biomassa van de kruidlaag (bovengronds tot 50% en ondergronds tot 30%). Er werden echter geen significante veranderingen in het organisch stofgehalte van de bodem of in de zuurgraad geconstateerd. Wel resulteerde verhoogde mineralisatie van strooisel tot lagere stikstofvoorraden. De stikstof is daarbij vooral opgeslagen in relatief stabiele organische stof (H-laag). Bosbegrazing is daarmee ongunstig voor Bochtige smele en stimuleert volgend successiestadium met o.a. Blauwe bosbes. Binnen de Oude eikenbossen stimuleert bosbegrazing de natuurlijke bosontwikkeling, maar biedt geen vlakdekkende oplossing voor bijzondere, aan jonge bosbodems gebonden soorten. Begrazing leidt echter ook tot opentrappen van de gesloten vegetatie en van de bovengrond, waardoor deze soorten plaatselijk wel enige nieuwe kansen kunnen krijgen.

Een bijkomend effect van bosbegrazing is dat in het algemeen de verjonging van loofbomen en struiken wordt geremd ten gunst van de verjonging van naaldbomen. Daarnaast worden loofbomen met goed afbreekbaar strooisel geremd ten gunste van soorten met slecht afbreekbaar strooisel ([Kuiters et al. 2000](#)). Op groeiplaatsen van de Oude eikenbossen betekent dit dat voor het habitatype kenmerkende boomsoorten als Ruwe berk, Wilde lijsterbes en zelfs Zomereik in het nadeel zijn ten opzichte van (althans binnen dit bostype) minder gewenste soorten als Beuk en Grove den (o.a. [Van Uytvanck 2009](#)).

Het verzurende effect van stikstofdepositie leidt op de (zeer) nutriëntarme standplaatsen waar Oude eikenbossen voorkomen tot een verdere en versnelde uitloging van mineralen met negatieve effecten op met name de fauna, zoals hiervoor geschetst. Om die reden is het verwijderen van biomassa in de vorm van kappen en afvoeren van stam, takhout en top hout, met als doel stikstof af te voeren geen goede herstelmaatregel vanwege de sterk negatieve neveneffecten, met name op de balansen van calcium, kalium en magnesium. Intensieve, volledige oogst van bomen kan tot uitputting van de mineralenvoorraad en verhoogde gevoeligheid voor verzuring leiden ([Vangansbeke et al. 2015](#); [De Keersmaeker et al. 2017](#)).

Echter, zoals eerder gesteld, is voor het duurzaam instandhouden van dit habitatype, inclusief de karakteristieke lichtminnende mantel- en zoomgemeenschappen, ruimtelijke variatie in lichtaanbod (langs pad- en bosranden, in open plekken) vereist. (Extra) begrazen met een combinatie van wilde en gedomesticeerde grazers zou dit mogelijk moeten maken.

Veel Oude eikenbossen zijn in de loop van de tijd dichtgegroeid en lichtgebrek en strooiselophoping hebben geleid tot achteruitgang van de natuurwaarde, waarbij vooral veel soorten van mantel- en zoomvegetaties zijn verdwenen ([Hommel & Den Ouden 2010](#)).

5.2 Toevoegen basenleverende bodemmineralen (steenmeel)

Toediening van mineralen in de vorm van fijn gemalen silicaatmineralen (steenmeel) is in Oude eikenbossen zou een effectieve maatregel kunnen zijn om de basenverzadiging te verhogen en de uitputting van basische kationen leverende mineralen te verminderen. Zie ook [Deel 1, Hoofdstuk 3, paragraaf 3.2.15](#).

Uit onderzoek door [De Vries et al. \(2019\)](#) blijkt na drie jaar steenmeelgift in eikenbossen (Hoge Veluwe, Mastbos) dat steenmeelgiften tot een significante verandering in de basenverzadiging hebben geleid. Uit een vergelijking van de toegevoerde hoeveelheid basen (K, Ca en Mg) met Lurgi en Eifelgold steenmeel en de toename in de hoeveelheid uitwisselbare basen blijkt dat ca. 10–40% van de totale toevoer van deze basen aan het adsorptiecomplex is vastgelegd. Dit wijst op een significante verwerking van steenmeel, wat ook blijkt uit de sterke toename van de siliciumconcentraties. De toename in basenverzadiging is gepaard gegaan met een zeer geringe pH stijging. Verder zijn er duidelijke indicaties voor een toename in gehalten aan K, Ca, en Mg in bladeren. De effecten van steenmeel op ectomycorrhiza-bezetting van boomwortels is nog grotendeels een **kennislacune** (zie ook [De Vries et al. 2019](#)).

Verder onderzoek en monitoring van recent uitgevoerde experimentele behandelingen in verzuurde bossen is noodzakelijk om de vraag te beantwoorden of deze maatregel op langere termijn effectief is in het duurzaam verbeteren van de buffercapaciteit van de bodem en het opheffen van de verminderde voedselkwaliteit voor de fauna als gevolg van verzuring ([De Vries et al. 2019](#)).

Ervaring met de toepasbaarheid, effectiviteit en mogelijke risico's van steenmeeltoediening in Oude eikenbossen is op dit moment nog te beperkt om over te gaan tot grootschalige toepassing. Deze maatregel kan wel op experimentele basis worden toegepast begeleid door monitoring. Daarbij is het van belang dat eerst ter plekke bodemchemisch en plantchemisch vooronderzoek wordt uitgevoerd om inzicht te krijgen in de mate van verzadiging van het bodemadsorptiecomplex en mogelijke nutriëntdeficiënties in de vegetatie.

Steenmeelgift in Oude eikenbossen geldt als hypothetische maatregel onder de In [Deel 1, Hoofdstuk 3, paragraaf 3.2.15](#) genoemde voorwaarden.

6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

Anders dan het geval is in de Beuken–eikenbossen met hulst (H9120), die binnen dezelfde landschappen op iets rijkere groeiplaatsen voorkomen, kennen Oude eikenbossen maar één hoofdboomsoort: Zomereik. Dit betekent dat functioneel herstel door sturing van de boomsoortsamenstelling (conform [Hommel et al. 2007](#)) hier niet aan de orde is. Daarbij geldt dat het bevorderen van soorten met goed afbreekbaar bladstrooisel vooral van betekenis is voor bosplanten van iets rijkere, verder ontwikkelde bodems, terwijl de specifieke waarde van de Oude eikenbossen juist schuilt in de soorten van schrale, nog weinig gedifferentieerde bodems. Een derde argument is de geringe toepasbaarheid van de meeste rijk–strooiselproducenten op de voor dit habitatype uitgesproken schrale bodems.

6.1 Begrazing op landschapsschaal

Hoefdieren kunnen binnen Oude eikenbossen een belangrijke rol spelen bij het terugzetten van de vegetatie- en bodemontwikkeling (zie paragraaf 5.1). Binnen bestaande bossen kunnen condities voor natuurlijke verjonging van eik worden gecreëerd: open bos, heide- en stuifzandachtige ruimtes. Daarnaast zijn ook de gradiënten van bos naar heide en stuifzand van belang. Kleine strubbenbossen, maar ook eikenclusters, kunnen belangrijke refugia voor dit

bostype vormen. De meest kansrijke situaties om oud eikenbos in goede staat terug te brengen en te houden zijn voormalige eikenstrubben (o.a. [Bijlsma et al. 2010](#)).

Om kansrijke gradiënten te creëren en/of verder te ontwikkelen is inzet van “grote grazers” essentieel. Het is daarbij van belang dat de begrazing plaatsvindt op schaal van het landschap en niet op perceelsniveau. Dit betekent dat het begrazingsbeheer niet beperkt mag blijven tot de bossen van dit habitatype, waarvan de actuele oppervlakte immers in de meeste gevallen gering is. Met name ook de aangrenzende heide- en stuifzandgronden dienen in de begrazingseenheid te worden opgenomen. De optimale graasdruk is afhankelijk van de grootte van de begrazingseenheid en het type begrazing. Gescheperde kuddes geven een gedoseerde, tijdelijke hoge graasdruk en afhankelijk van het 's nachts opkralen in een potstal of in het veld kunnen de kuddes ook een meer of minder verschalend effect hebben. Jaarrond begrazing geeft een permanente lagere graasdruk die seizoensafhankelijk verschillende terreindelen zal beïnvloeden. In beide vormen van begrazing zal het bijvoeren van de kudde ongewenste effecten met zich meebrengen. Het inzetten van zowel runderen als schapen levert ook de nodige structuurvariatie in de vegetatie. Voor het openbreken van een vergraste situatie hebben schapen de voorkeur boven runderen of paarden. Een verbraamde situatie wordt makkelijker opgebroken door de inzet van runderen ([Beaté & Vandekerkhove 2001](#); [Van Uytvanck 2009, 2011](#)).

In het begrazingsbeheer is het verder van belang om rekening te houden met wilde hoefdieren die ook zeker hun rol spelen in het openhouden van de vegetatie (o.a. [Baeté & Vandekerkhove 2001](#)). Daarnaast kunnen ook konijnen een belangrijke rol spelen zowel bij het korthouden van de vegetatie als het (kleinschalig) terugzetten van de bodemontwikkeling.

6.2 Bestrijden invasieve soorten

Wanneer invasieve soorten (Amerikaanse vogelkers en Amerikaans krentenboompje) door dominantie de kwaliteit van het habitatype aantasten, door het ontwikkelen van een dichte struiklaag kan bestrijding overwogen worden. Vanwege hun invasieve karakter is kostentechnisch de beste optie om dit preventief te doen bij nog lage aantallen vestiging. Dit zal dan met name toegespitst moeten worden op noordhellingen van randwallen en overgangen naar het heide- en stuifzandlandschap. Bovendien is een goed overwogen en uitgevoerde aanpak –ook op langere termijn– noodzakelijk om effectief te zijn. Anderzijds zorgt het relatief zeer goed afbreekbare strooisel van Amerikaanse vogelkers voor een betere strooiselomzetting in zure bossen en kan de soort mogelijk een positief effect hebben op de beschikbaarheid van kationen en de samenstelling van de fauna ([Nyssen et al. 2013](#)).

6.3 Versterken ‘heide met struiken’ in gradiënt naar (stuifzand)heide

Veel karakteristiek oud eikenbos van type H9190 ligt in de breed ingestoven rand van oude (malen)bossen waarvan de niet-overstoven delen tot H9120 worden gerekend ([Bijlsma et al. 2009](#)). In de loop van de 20ste eeuw is de overgang van heide of stuifzand naar dit ingestoven bos vaak ingeplant of dichtgelopen met Grove den waardoor 1) de karakteristieke landschappelijk-historische samenhang is verdwenen en 2) de gradiënt niet meer of minder kan functioneren als leefgebied voor soorten van H9190, waaronder verjonging van eik en berk, en voor bijvoorbeeld bosbessoorten, Hengel en Bosparelmoervlinder.

Daar waar oude ingestoven boskernen door heide- en stuifzandbebossingen van Grove den zijn gescheiden van de nu nog open (stuifzand)heide, kan het Grove dennenbos worden omgevormd naar heide met behoud van inheemse loofboomsoorten, met name ook berk. Juist berk kan in deze gradiënt belangrijk zijn voor bijv. de ‘xerothermofiele’ Draaihals (Schoppers et al. 2008). Vervolgens kan deze zone worden beheerd als ‘heide met struiken’ en bosschages van inheemse loofboomsoorten. Op deze wijze krijgen aan meer openheid gebonden karakteristieke soorten van Oude eikenbossen meer kansen.

Deze omvorming van Grove dennenbos in de overgang naar heideterrein moet niet worden gezien als aansporing voor het opruimen van dennenbomen op groeiplaatsen van H9190 zonder meer. Juist in de kern van grotere complexen van H9190 is Grove den een welkome boomsoort die niet alleen zorgt voor een beschut microklimaat maar vroeg of laat ook voor dik dood hout en verdwijnt den ook vanzelf. Een ijl scherm van oude Grove den draagt hier bij aan de natuurkwaliteit van H9190 (zie ook Bijlsma & ten Hoedt 2006).

6.4 Nietsdoen

Door successie zullen deze bossen geleidelijk gekoloniseerd worden door Beuk, zij het veel minder snel dan eikenbossen op zandbodems met een hoger leemgehalte (Bijlsma et al. 2009). Met de overgang naar een door Beuk gedomineerd bossysteem zullen veel waarden van het oorspronkelijk aanwezige eikenbos verdwijnen, terwijl de vestigingskansen van veel oud-bossoorten, die kenmerkend zijn voor het Wintereiken-Beukenbos van de iets rijkere zandgronden, niet goed bekend zijn (kennislacune). Wanneer eenmaal niet eik, maar Beuk de dominante boomsoort is geworden, kan het bos per definitie niet meer tot het habitatype “Oude eikenbossen” worden gerekend.

Toch zijn er twee redenen aan te voeren om wellicht plaatselijk een ongestoorde ontwikkeling van bossen van dit habitatype een kans te geven. De eerste reden is algemeen van aard: ongestoorde ontwikkeling leidt niet alleen tot verlies van nog aanwezige, historisch bepaalde waarden, maar leidt ook tot nieuwe waarden. Deze zijn onder andere gekoppeld aan een onregelmatige bosstructuur, ontwikkeling van het humusprofiel en aanwezigheid van oude bomen, wortelkuiten en dood hout (Hermy & Bijlsma 2010; zie ook Habitattypen H9110 en H9120). Dood hout is niet alleen een belangrijk habitat voor heel veel soorten, de afbraak ervan heeft ook een grote invloed op de mineralenhuishouding. Er komt dan wel stikstof vrij, maar veel minder dan de bosvegetatie nodig heeft (Hart 1999). Veel belangrijker is de toename aan calcium, magnesium en fosfor (Kuehne et al. 2008; Johnson et al. 2014; Shortle & Smith 2015). Net naast liggende dode stammen is de bodem daardoor aanzienlijk minder zuur en arm dan meters er vandaan (De Keersmaecker et al. 2017; Dhiedt et al. 2019), wat gunstig kan zijn voor de verjonging (Vodde et al. 2011). Bij toename van het aandeel liggend dood hout kan de afname van de buffercapaciteit en nutriënten in de bosbodem (deels) worden hersteld.

De tweede reden heeft specifiek betrekking op dit habitatype. De groeiplaats van de Oude eikenbossen is in ons land bijzonder algemeen: voedsel- en relatief leemarme, vochtige tot droge zandgronden, veelal met een duidelijk podzolprofiel en een groot deel van ons huidige bosareaal staat op een dergelijke bodem. Van het bijbehorend bostype zijn echter nauwelijks oude, goed ontwikkelde voorbeelden voorhanden (Van der Werf 1991). Dit geldt met name voor de (wat oppervlakte betreft) meest algemene, droge varianten van de groeiplaats. Voor de relatief vochtige vormen van het Berken-Eikenbos zijn weliswaar wat meer goed ontwikkelde voorbeelden

aanwezig, maar het betreft dan juist relatief jonge bossen. De conclusie is dat wij voor een aanzienlijk deel van ons bosareaal niet of nauwelijks beschikken over referenties voor successiestadia die ontstaan na langdurige ongestoorde ontwikkeling. Bossen van dit habitatype zijn het meest kansrijk om zich tot dergelijke referenties te ontwikkelen. Het betreft immers per definitie oude bosgroeiplaatsen. Het zijn daarmee in feite de meest natuurlijke eikenbossen van Nederland (Bijlsma et al. 2009).

7. Maatregelen voor uitbreiding

Op oude bosgroeiplaatsen is spontane verjonging van berk al voldoende voor uitbreiding van het type. Buiten dergelijke groeiplaatsen kwalificeert bos alleen als het minstens 100 jaar oud is. Uitbreiding van het habitatype Oude eikenbossen (Berken–Eikenbos) is verder mogelijk in aangrenzende grove dennenbossen door natuurlijke verjonging van eik. Dit kan relatief simpel: door geen Grove den meer te oogsten, maar wel de Amerikaanse vogelkers te bestrijden. De natuurlijke verjonging van eik verloopt echter vaak problematisch, o.a. door aantasting door meeldauw en door begrazing. Aanplant kan in dat geval een redmiddel zijn. Is er eenmaal sprake van voldoende verjonging, dan kan de ontwikkeling richting Berken–Eikenbos worden versneld door – al dan niet gefaseerd – de overstaanders van Grove den alsnog te oogsten. Uitbreiding is ook mogelijk in aangrenzende heide en stuifzand door ook daar opslag van berk en eik toe te laten (Den Ouden et al. 2010). Deze werkwijze sluit goed aan bij de historische ontstaanswijze van de strubbenbossen. Dit vereist wel een specifieke visie op de actuele ligging en kwaliteit van de aanwezige habitatypes van droge heide/stuifzandheide en Oude eikenbossen binnen een specifiek terrein (Den Ouden et al. 2010).

Bovenstaande benadering zal echter zelden, en in het geval van opslag op heide en stuifzand zelfs nooit, direct leiden tot uitbreiding van het habitatype. Hieraan worden immers stringente eisen gesteld met betrekking tot de ouderdom van de bosgroeiplaats dan wel de huidige opstand (resp. ouder dan 1850 en meer dan 100 jaar).

8. Effectiviteit en duurzaamheid

De toekomst van het habitatype Oude eikenbossen (Berken–Eikenbos) in Nederland is ongewis. Dit is slechts ten dele te wijten aan de (negatieve) invloed van stikstofdepositie. Ook van nature worden de veelal nog relatief jonge boscsystemen veranderd door bodemvorming. Bovengronds treedt accumulatie van strooisel op en uiteindelijk ook differentiatie van het humusprofiel in een L-, F- en H-horizont. Vooral de schoensmeerachtige H-horizont is voor de ondergroei van belang, omdat zij niet alleen een bescheiden maar stabiele aanvoer van nutriënten garandeert, maar ook de waterhuishouding in de bovengrond drastisch kan veranderen (o.a. stagnatie). Ook ondergronds treden er belangrijke veranderingen op doordat de aanvankelijk niet gedifferentieerde “vaaggrond” zich steeds verder ontwikkelt tot een duidelijk gedifferentieerd (humus)podzolbodem. Deze ontwikkelingen in de bodem worden duidelijk gereflecteerd in veranderingen in de vegetatie waarbij uiteindelijk ook vestiging van Beuk plaatsvindt (zie hoofdstuk 2). Het is onduidelijk in hoeverre alle Berken–Eikenbossen zich op de lange termijn

zullen ontwikkelen tot (al dan niet goed ontwikkelde) Beuken–eikenbossen. Wel is duidelijk dat de belangrijkste specifieke waarden van de zogenaamde “oude” eikenbossen door de tijd zullen verdwijnen. De mogelijkheden van de beheerder om dit te voorkomen zijn beperkt. Uitbreiding van het areaal is daarom van groot belang en dennenakkers bieden hiervoor de beste potentie.

Aanplant dan wel spontane ontwikkeling van nieuwe bossen zal echter doorgaans geen directe bijdrage leveren aan de bestaande oppervlakte van het habitatype (zie hierboven). Uitbreiding van het areaal aan Berken–Eikenbos is echter op lange termijn wel van belang voor het habitatype, mits dit direct aansluitend aan de oude bosgroeiplaats gebeurt.

Aangezien er geen duidelijkheid bestaat over de hoeveelheid stikstof die uit het systeem verwijderd of geïmmobiliseerd kan worden en de effectiviteit van het toedienen van steenmeel en/of inbrengen van rijk–strooiselsoorten in zure bossen nog in onderzoek is, kunnen momenteel geen gefundeerde uitspraken worden gedaan over de duurzaamheid van maatregelen voor dit habitatype. Ervaringen na aanplant van enkele lindeopstanden in een voormalig eikenhakhoutbos bij Doorwerth geven wel aan dat positieve effecten van een gunstiger strooiselkwaliteit binnen enkele decennia kunnen worden waargenomen (Hommel et al. 2002). De eerste resultaten van het toedienen van steenmeel in bossen en heidegebieden geven aan dat positieve effecten op de basenbezetting en bladkwaliteit op gaan treden binnen enkele jaren (De Vries et al. 2017; Vogels et al. 2017; Weijters et al. 2018). Hoe snel de verwachte positieve doorwerking van steenmeel op de fauna optreedt, hoe lang de positieve effecten aanhouden en of aanvullende maatregelen, zoals inbrengen van rijk–strooiselsoorten, de effectiviteit en duurzaamheid vergroten, zal uit vervolgonderzoek moeten blijken (kennislacune).

9. Overzichtstabel

Deze overzichtstabel is bedoeld als ondersteuning bij de te nemen maatregelen uit paragraaf 5 en 6 en dient slechts samen met de tekst te worden toegepast.

Maatregel	Code	Type	Doel	Potentiële effectiviteit	Randvoorwaarden / succesfactoren	Vooronderzoek	Herhaalbaarheid	Responstijd	Mate van bewijs
(Extra) begrazen	3.2.9	H/U	Variatie structuur, afvoer nutriënten, open bodem	Matig	Verjonging evt. tijdelijk uitrasteren; bevordert vestiging Beuk en Groveden	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	B
Toevoegen basenleverende bodemmineralen (steenmeel)	3.2.15	H	Herstel bufferingscapaciteit bodem	Groot	Zie Deel I, Hoofdstuk 3, paragraaf 3.2.15: Aandachtspunten bij toepassing.	Op standplaats	Beperkte duur of eenmalig	Vertraagd/lang	H
Bestrijden invasieve soorten	3.2.3	H/U	Behoud lichtklimaat	Groot	Indien kwaliteit habitatype wordt aangetast	Op standplaats	Zo lang als nodig	Direct	B
Nietsdoen		U	Vergroten variatie	Groot	Behoud HT	Op standplaats	nvt	Lang	H

Verklaring kolommen:

Maatregel: soort maatregel, corresponderend met informatie uit paragraaf 5 en 6

Code: Code van de herstelmaatregel, corresponderend met tabel 3.1 uit Deel I hoofdstuk 3

Type: H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

Doel: beoogde effect van de maatregel (ten behoeve van behoud, herstel en/of uitbreiding)

Potentiële effectiviteit: klein/matig/groot. Effectiviteit van de maatregel (als regime) ten opzichte van andere maatregelen en gerelateerd aan het beoogde effect

Randvoorwaarden / succesfactoren: de belangrijkste randvoorwaarden en succesfactoren van de maatregel

Vooronderzoek: niet noodzakelijk, op standplaats (in het HT zelf of in de directe omgeving), LESA (LandschapsEcologische SysteemAnalyse: Van der Molen 2010).

Herhaalbaarheid: eenmalig (kan maar eenmalig worden uitgevoerd, bijv. dempen sloten); beperkte duur (bij intensivering gaan nadelen opwegen tegen voordelen) of zo lang als nodig (geen negatieve trade-off tussen intensiteit en effectiviteit. Kun je altijd mee doorgaan, geen negatieve gevolgen).

Responstijd: dit betreft het effect van de maatregel (regime): Direct (< 1 jr); Even geduld (1 tot 5 jr); Vertraagd (5 tot 10 jr); Lang (meer dan 10 jr).

Mate van bewijs:

B – Bewezen: de maatregel heeft onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) met zekerheid het in de tekst beschreven positieve effect als hij in de praktijk wordt uitgevoerd. In de regel zal dat onderbouwd moeten zijn met (OBN-)literatuur, maar het kan eventueel ook met (nog niet eerder gepubliceerde) goed gedocumenteerde waarnemingen en o.a. OBN handleidingen.

V – Vuistregel: de maatregel kan onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) in veel gevallen het in de tekst beschreven positieve effect hebben als hij in de praktijk wordt uitgevoerd, maar dat is niet zeker. Redenen voor de onzekerheid kunnen zijn dat uit monitoring is gebleken dat er ook (onverklaarde) mislukkingen zijn of dat de voorwaarden voor succesvol herstel nog niet goed bekend zijn.

H – Hypothese: door logisch nadenken is een maatregel geformuleerd die in de praktijk nog niet of nauwelijks is uitgetoetst, maar die in theorie effectief zou kunnen zijn. De aanleiding van de hypothese kan gelegen zijn in analogieën (de maatregel is een vuistregel of bewezen maatregel in een sterk verwant habitatype) of in processen waarvan we denken dat we ze goed begrijpen, maar die echter nog niet op praktijkschaal zijn getoetst.

10. Literatuur

- Aber, J.D., K.J. Nadelhoffer, P. Steudler & J.M. Melillo 1989. Nitrogen Saturation in Northern Forest Ecosystems. *BioScience* 39 (6): 378–386.
- Arnolds, E. & M.T. Veerkamp 2008. Basisrapport Rode Lijst Paddenstoelen. Nederlandse Mycologische Vereniging, Utrecht.
- Beaté, H. & K. Vandekerckhove 2001. Wenselijkheid van begrazing door hoefdieren in de bossfeer; criteria bij de beoordeling van begrazingsaanvragen. Instituut voor bosbouw en wildbeheer, mededeling 2001/1.
- Bergsma, H., J.J. Vogels, M. Weijters, R. Bobbink, A.J.M. Jansen & L. Krul 2016. Tandrot in de bodem – hoeveel biodiversiteit kan de huidige minerale bodem nog ondersteunen? *Bodem* 1: 27–29.
- Bergsma, H., J.J. Vogels, A. van den Burg & R. Bobbink 2018. Is de bodemverzuring in Nederland onomkeerbaar? *Vakblad Natuur Bos Landschap* 144: 4–7.
- Bijlsma, R.J. & A.J.M. ten Hoedt 2006. Spectaculaire bryologische ontwikkelingen op en rond dood naaldhout in 'Neerlands Thüringen' (Zuidoost-Veluwe). *De Levende Natuur* 107(5): 208–212.
- 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., A. Aptroot, K.W. van Dort, R. Haveman, C.M. van Herk, A.M. Kooijman, L.B. Sparrius & E.J. Weeda 2009. Preadvisie mossen en korstmossen. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Rapport DK nr. 2009/dk104–O, Ede.
- Bijlsma, R.J. G.J. van Dorland, D. Bal & J.A.M. Janssen 2010. Oude bossen en bosgroeiplaatsen. Een referentiebestand voor het karteren van de habitattypen Beuken–eikenbossen met hulst en Oude eikenbossen. *Alterra rapport 1967*, Wageningen. 43p.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose–response relationships. *Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23–25 June 2010*. RIVM rapport 680359002. 244p.
- Bobbink, R., H.L.T. Bergsma, J. den Ouden & M.J. Weijters 2017. Na het zuur geen zoet? Bodemverzuring in droog zandlandschap blijvend probleem. *Landschap* 34 (2): 61–69.
- Boer, R.W. 1857. *Bijdragen tot de kennis der houtteelt*. Uitgeverij Tjeenk Willink, Zwolle, 600 p.
- Boxman A.W, K. Blanck, T. Brandrud, B.A. Emmett, P. Gundersen, R.F. Hogervorst, O.J. Kjønaas, H. Persson & V. Timmermann 1998. Vegetation and soil biota response to experimentally–changed nitrogen inputs in coniferous forest ecosystems of the NITREX project. *Forest Ecology and Management* Volume 101, Issues 1–3, February 1998: 65–79.
- Braun, S. & W. Flückiger 2012. Soil acidification in permanent observation plots. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163 (9): 374–382.
- Braun, S. & W. Flückiger 2013. *Wie geht es unserem Wald? 29 Jahre Walddauerbeobachtung*. Interkantonales Walddauerbeobachtungsprogramm der Kantone AG, BE, BL, BS, FR, SO, TG, ZG, ZH und des BAFU. *Ergebnisse von 1984 bis 2012, Bericht 4*.
- De Keersmaecker, L., H. Cosyns, A. Thomaes & K. Vandekerckhove 2017. Kan houtoogst stikstofdepositie mitigeren? *Landschap* 34: 5–13.
- De Schrijver, A., G. Geudens, L. Augusto, J. Staelens, J. Mertens, K. Wuyts, L. Gielis & K. Verheyen 2007b. The effect of forest type on throughfall deposition and seepage flux: a review. *Oecologia* 153: 663–674.

- De Schrijver, A., K. Wuyts, L. van Nevel & F. Mohren 2010. Nutriëntenbeheer. In: Den Ouden et al. (red.), Boscologie en Bosbeheer. Acco Leuven / Den Haag, p. 403–415.
- De Schrijver, A., R. Devlaeminck, J. Mertens, K. Wuyts, M. Hermy & K. Verheyen 2007a. On the importance of incorporating forest edge deposition for evaluating exceedance of critical pollutant loads. *Applied Vegetation Science* 10: 293–298.
- De Vries, W., E. Du & K. Butterbach-Bahl 2014. Short and long-term impacts of nitrogen deposition on carbon sequestration by forest ecosystems. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 9–10: 90–104.
- De Vries, W., P. Bolhuis, A. van den Burg & R. Bobbink 2017. Doorgaande verzuring van bosbodems. Oorzaken en gevolgen voor het boscosysteem. *Vakblad Natuur Bos Landschap* september 2017: 32–35.
- De Vries, W., M.J. Weijters, J.J. de Jong, S.P.J. van Delft, J. Bloem, A. van den Burg, G.A. van Duinen, E. Verbaarschot & R. Bobbink 2019. Verzuring van loofbossen op droge zandgronden en herstelmogelijkheden door steenmeeltoediening. Rapport OBN-229-DZ. Vereniging van Bos- en Natuureigenaren (VBNE, Driebergen).
- De Waal, R.W., R.J. Bijlsma, E.M. Dijkman & M.M. van der Werff 2001. Stekelvarendominantie in bossen op arme bodems *De Levende Natuur* 102: 118–122.
- Den Ouden, J. & Th. Spek (red.) 2007. Ontstaanswijze van eikenclusters in het natuurterrein De Wilde Kamp bij Garderen: landschapsgeschiedenis, bodemontwikkeling en vegetatiegeschiedenis. Rapportage Archeologische Monumentenzorg 131B. RACM, Amersfoort.
- Den Ouden, J., B. Muys, F. Mohren & K. Verheyen 2010. Boscologie en bosbeheer. Acco Leuven België.
- Dhiedt, E., L. De Keersmaecker, K. Vandekerckhove & K. Verheyen 2019. Effects of decomposing beech (*Fagus sylvatica*) logs on the chemistry of acidified sand and loam soils in two forest reserves in Flanders (northern Belgium). *Forest Ecology and Management* 445: 70–81.
- Elerie, J.N.H., S.W. Jager & Th. Spek, 1993. Landschapsgeschiedenis van de Strubben – Kniphorstbos; archeologische en historisch-ecologische studies van een natuurgebied op de Hondsrug. Van Dijk & Foorhuis, Groningen.
- Falkengren-Grerup, U., 1995. Long-term changes in flora and vegetation in deciduous forests of southern Sweden. *Ecological Bulletins* 44: 215–226.
- Hart, S.C. 1999. Nitrogen transformations in fallen tree boles and mineral soil of an old-growth forest. *Ecology* 80: 1385–1395.
- Graveland, J. & T. van Gijzen, 1994. Arthropods and seeds are not sufficient as calcium sources for shell formation and skeletal growth in passerines. *Ardea* 82(2): 299–314.
- Graveland, J., R. van der Wal, J.H. van Balen & A.J. van Noordwijk 1994. Poor reproduction in forest passerines from decline of snail abundance on acidified soils. *Nature* 368: 446–448.
- Hermy, M. & R.J. Bijlsma 2010. Bosbeheer en biodiversiteit. In: J. den Ouden, B. Muys, F. Mohren & K. Verheyen (red.). Boscologie en Bosbeheer, p. 493–501. Acco, Leuven.
- Hommel, P.W.F.M. & J. den Ouden 2010. Droge hakhoutbossen, website OB&N www.natuurkwaliteit.nl.
- Hommel, P.W.F.M., R.W. de Waal, B. Muys, J. den Ouden & T. Spek 2007. Terug naar het lindewoud. Strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. KNNV Uitgeverij, Zeist. 72 p.
- Johnson, C.E., T.G. Siccama, E.G. Denny, M.M. Koppers & D.J. Vogt. 2014. In situ decomposition of northern hardwood tree boles: decay rates and nutrient dynamics in wood and bark. *Canadian Journal of Forest Research* 44: 1515–1524.

- Kahle, H.P., T. Karjalainen, A. Schuck, G.I. Ågren, S. Kellomäki, K. Mellert, J. Prietzel, K. Rehfues & H. Spiecker 2008. Causes and consequences of forest growth trends in Europe. Results of the Recognition Project. European Forest Institute Research Reports 21.
- Kemmers, R.H., P. Mekking, J. Sevink & A. Smit 1997. Bodembegrazing onder invloed van runderbegrazing. In: S.E. van Wieren, G.W.T.A. Groot Bruinderink, I.T.M. Jorritsma & A.T. Kuiters. Hoefdieren in het boslandschap. Backhuys Publishers, Leiden. P. 71–129.
- Kuehne, C., C. Donath, S.I. Müller-Using & N. Bartsch. 2008. Nutrient fluxes via leaching from coarse woody debris in a *Fagus sylvatica* forest in the Solling Mountains, Germany. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 2405–2413.
- Kuiters, A.T. 2007. Hoefdieren, bos en begrazingsonderzoek. In: S. van Wieren et al. (red.). Hoefdieren in het boslandschap. Backhuys, Leiden, p. 11–18.
- Kuiters, A.T., J.A. Koppe & P.A. Slim 2000. Begrazing in bosreservaten door (wilde) hoefdieren: een onderbelicht aspect? *NBT* 72: 108–112.
- Lucassen, E., R. Aben, A. Smolders, R. Bobbink, J. van Diggelen, M. van Roosmalen, D. Boxman, L. van den Berg & J. Roelofs 2014a. Bodemverzuring als aanjager van eikensterfte: gevolgen voor herstelmaatregelen. *Vakblad Bos, Natuur en Landschap* 11 (103): 23–27.
- Lucassen, E., L. van den Berg, R. Aben, F. Smolders, J. Roelofs & R. Bobbink 2014b. Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. *Landschap* 31 (4): 185–193.
- Nijssen, M.E., M.F. WallisDeVries & H. Siepel 2017. Pathways for the effects of increased nitrogen deposition on fauna. *Biological Conservation* 212: 423–431.
- Oosterbaan, A., R. Bobbink & M. Decuyper 2014. Onderzoek naar de relatie van eikensterfte met droogte en bodemchemie; Alterra-rapport nr. 2575, Wageningen. 29p.
- Oosterbaan, A., R. Bobbink & M. Decuyper 2015. Eikensterfte: een serieus en complex probleem. *Vakblad Bos, Natuur en Landschap* 12 (113): 11–14.
- Ozinga, W.A. & E. Arnolds 2003. Mycorrhizapaddestoelen als leidraad voor beheeradviezen voor bossen op voedselarme zandgrond. *De Levende Natuur* 104: 177–183.
- Ozinga, W.A., J. van Andel & M.P. McDonnell-Alexander 1997. Nutritional soil heterogeneity and mycorrhizas as determinants of plant species diversity. *Acta Botanica Neerlandica* 46: 237–254.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. *KWR* 09–018. 45p.
- Schoppers, J., H. Sierdsema, C. de Vaan & P. Verburg (red.) 2008. Vogels van de Veluwezoom. 25 jaar onderzoek aan vogels in hun leefgebied. Vogelwerkgroep Arnhem e.o.
- Shortle, W.C. & K.T. Smith 2015. Wood decay fungi restore essential calcium to acidic soils in northern New England. *Forests* 6: 2571–2587.
- Spiecker, H., 1999. Overview of recent growth trends in European forests. *Water, Air, and Soil Pollution* 116: 33–46.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel 1999. De vegetatie van Nederland. Deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
- Van den Burg, A., A. Dees, T. Huigens, R.J. Bijlsma & R. de Waal 2014. Voedselkwaliteit en biodiversiteit in bossen van de hoge zandgronden. Den Haag. Directie Agro kennis, Ministerie van Economische Zaken. Rapport 2014/OBN186-DZ.
- Van den Burg, A. 2017 Rammelende eieren en brekebenen bij de koolmees: verzuring terug bij af? *Vakblad Natuur Bos Landschap* 14 (136): 3–7.
- Van den Burg, A. & J. Vogels 2017. Zuur voor de fauna. Soorten bos en hei missen essentiële voedingsstoffen. *Landschap* 34 (2): 71–79.

- Van der Linde, S., L.M. Suz, C.D.L. Orme et al. 2018. Environment and host as large-scale controls of ectomycorrhizal fungi. *Nature* 558: 243–248.
- Van Diggelen, R., H. Bergsma, R.J. Bijlsma, R. Bobbink, A. van den Burg, J. Sevink, H.N. Siebel, H. Siepel, J. Vogels, W. de Vries, M. Weijters. 2019. Steenmeel en natuurherstel: een gelukkige relatie of een risicovolle combinatie? *Vakblad Natuur Bos Landschap* 155: 20–23.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, D. Bal & A. van Hinsberg 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. *Alterra-rapport 2397*, Wageningen.
- Vangansbeke, P., A. De Schrijver, P. De Frenne, A. Verstraeten, L. Gorissen & K. Verheyen 2015. Strong negative impacts of whole tree harvesting in pine stands on poor, sandy soils: a long-term nutrient budget modelling approach. *Forest ecology and Management* 356: 101–111.
- Van Uytvanck, J. 2009. The role of large herbivores in woodland regeneration patterns, mechanisms and processes PhD Thesis, Universiteit Gent; Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 242p,
- Van Uytvanck, J. 2011. Grote grazers sturen de ontwikkeling van nieuwe boslandschappen op voormalige landbouwgronden. *DLN* 112 (4): 132–137.
- Vanhellefont, M., L. Baeten, H. Verbeeck, M. Hermy & K. Verheyen 2011. Long-term scenarios of the invasive black cherry in pine-oak forest: Impact of regeneration success. *Acta Oecologica* 37: 203–211.
- Vodde F., K. Jögiste, Y. Kubota, T. Kuuluvainen, K. Köster, A. Lukjanova, M. Metslaid & T. Yoshida 2011. The influence of storm-induced microsites to tree regeneration patterns in boreal and hemiboreal forest. *Journal of Forest Research* 16: 155–167.
- Vogels, J.J., R. Bobbink, M. Weijters & H. Bergsma 2016. Het droge heidelandschap in de 21e eeuw: aandacht voor mineralogie en historisch landgebruik. *De Levende Natuur* 117: 245–250.
- Vogels, J.J., E. Verbaarschot, R. Bobbink, V. de Jong & M. Scherpenisse 2017. Monitoring steenmeeltoepassing ten behoeve van herstel biodiversiteit – Voortgangsrapportage. Stichting Bargerveen – iov Stichting Het Nationale Park de Hoge Veluwe. 37p.
- Wang, M., Q. Zheng, Q. Shen & S. Guo 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences* 14: 7370–7390.
- Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren 2005. Atlas van de Plantengemeenschappen in Nederland deel 4: Bossen, struwelen en ruigten. *KNNV-uitgeverij, Utrecht*. 282p.
- Weijters, M., H. Bergsma, R. Bobbink, H. Siepel & J.J. Vogels 2017. Herstel van heide door middel van steenmeelgift – Rapportage 2017. Provincie Noord-Brabant en VBNE (OBN-2014-58-DZ). 183p.
- Weijters, M., R. Bobbink, E. 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. OBN222-DZ. VBNE, Driebergen.
- Werf, S. van der 1991. Bosgemeenschappen. *Natuurbeheer in Nederland. Deel 5. Pudoc, Wageningen*. 375p.
- Wolf, R.J.A.M., W.J. Dimmers, P.W.F.M. Hommel, G.A.J. Jagers op Akkerhuis, J.G. Vrieling & R.W. de Waal 2006. Bekalking en toevoegen van nutriënten. *Evaluatie van de effecten op het bosecosysteem – een veldonderzoek naar vegetatie, humus en bodemfauna. Wageningen. Alterra*.
- Wuyts, K. 2009. Patterns of throughfall deposition, nitrate seepage, and soil acidification in contrasting forest edges. Ph.D. thesis, Ghent University, Belgium, ISBN-number: 978-90-5989-283-5; 202p.

Wuyts, K., A. de Schrijver, F. Vermeiren & K. Verheyen 2009. Gradual forest edges can mitigate edge effects on throughfall deposition if their size and shape are well considered. *Forest Ecology and Management* 257: 679–687.