



Mitigatie N-depositie Zeetoegang IJmond: inschatting stikstofafvoer door PAS-herstelmaatregelen



Mitigatie N-depositie Zeetoegang IJmond: inschatting stikstofafvoer door PAS-herstelmaatregelen



Eindrapport

Opdrachtgever: Dienst Landelijk Gebied, RWS West-Nederland Noord

Projectnummer: PR-14.003 • Rapportnummer: 2014.08

Datum: Februari 2014

Leon van den Berg

Roos Loeb

Roland Bobbink



Niets uit dit rapport mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de auteurs en de opdrachtgever. Het is voor de opdrachtgever wel toegestaan de inhoud van deze rapportage met bronvermelding, te gebruiken voor andere publicaties.

Titel rapport: Mitigatie N-depositie Zeetoegang IJmond: inschatting stikstofafvoer door PAS-herstelmaatregelen

Opdrachtgever: Dienst Landelijk Gebied, RWS West-Nederland Noord

Rapportnummer: 2014.08

Omslagfoto + Titelbladfoto: Nils van Rooijen

Onderzoekcentrum B-WARE

Radboud Universiteit Nijmegen

Postbus 6558

6525 ED Nijmegen

Tel: 024-3652815

I.vandenberg@b-ware.eu, R.bobbink@b-ware.eu & R.Loeb@b-ware.eu

www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2014.

Inhoudsopgave

1 Inleiding	1
2 Methoden	2
3 Habitat(sub)typen	3
3.1 Habitatype H2120 (Witte duinen)	4
Beschrijving	4
Stikstofdepositie	4
Voorkomen	4
Maatregelen	4
3.2 Habitatype H2130 (Grijze duinen)	7
Beschrijving	7
Stikstofdepositie	7
Voorkomen	7
Maatregelen	7
3.3 Habitatype H2140 (Duinheide met kraaihei)	15
Beschrijving	15
Stikstofdepositie	15
Voorkomen	15
Maatregelen	15
3.4 Habitatype H2150 (Duinheide met struikhei)	18
Beschrijving	18
Stikstofdepositie	18
Voorkomen	18
Maatregelen	18
3.5 Habitatype H2180 (Duinbossen)	22
Beschrijving	22
Stikstofdepositie	22
Voorkomen	22
Maatregelen	23
3.6 Habitatype H2190 (Vochtige duinvalleien)	27
Beschrijving	27
Beschrijving H2190A.....	27
Stikstofdepostie	27
Voorkomen	27
Maatregelen	28
Beschrijving H2190B.....	29
Stikstofdepositie	29
Voorkomen	30
Maatregelen	30
Beschrijving H2190C.....	33
Stikstofdepositie	33

Voorkomen	33
Maatregelen	33
3.7 Habitatrichtlijnsoort H1014 Nauwe korfslak	37
3.8 Habitatrichtlijnsoort H1903 Groenknolorchis.....	38
3.9 Habitatype H4010B (Vochtige heiden, laagveengebied)	39
Beschrijving	39
Stikstofdepositie	39
Voorkomen	39
Maatregelen	39
3.10 Habitatype H6140 Blauwgraslanden	42
Beschrijving	42
Stikstofdepositie	42
Voorkomen	42
Maatregelen	42
3.11 Habitatype H7140B Overgangs- en trilvenen (Veenmosrietlanden).....	44
Beschrijving	44
Stikstofdepostie	44
Voorkomen	44
Maatregelen	44
4 Synthese en concluderende opmerkingen.....	48
Referenties.....	52

1 Inleiding

In het project “Zeetoegang IJmond” werken het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), Rijkswaterstaat, Provincie Noord-Holland, gemeente Amsterdam, gemeente Velsen en Havenbedrijf Amsterdam NV samen aan de bouw van een nieuwe zeesluis bij IJmuiden. De huidige Noordersluis (1929) is na bijna honderd jaar aan vervanging toe. Om ruimte te bieden aan de steeds groter wordende zeeschepen, wordt de nieuwe sluis groter en tien jaar eerder aangelegd. De nieuwe grote zeesluis zorgt voor een vlotte en veilige bereikbaarheid van de havens en bedrijven aan het Noordzeekanaal. Naar verwachting is de sluis in 2019 gereed.

De aanleg en het gebruik van deze grote zeesluis zorgt voor een additionele stikstof-(N) belasting van de omliggende Natura 2000-gebieden. Deze additionele belasting kan negatieve gevolgen hebben voor de biodiversiteit omdat veel soorten van (half) natuurlijke ecosystemen zeer gevoelig zijn voor stikstofbemesting. De gevoeligheid van habitats voor stikstof is veelvuldig onderzocht in zowel binnen- als buitenland. Een waarde voor stikstofdepositie waarboven bij regulier beheer negatieve effecten op een habitat worden gevonden, wordt de kritische depositie waarde (KDW) genoemd (Bobbink en Hettelingh 2011; Van Dobben e.a. 2012).

Uit het deelrapport Natuur met Passende beoordeling van de MER Zeetoegang IJmond (Zwerver en Veldhuizen 2014), blijkt dat voor meerdere habitattypen in nabijgelegen duingebieden en gebieden in Laag-Holland significant negatieve effecten door de toename van de N-depositie vanwege het project niet zijn uit te sluiten. Op basis hiervan is door Rijkswaterstaat West-Nederland Noord en Dienst Landelijk Gebied een maatregelenmatrix opgesteld, die is afgeleid van de PAS-gebiedsanalyses en de PAS-herstelstrategieën, waarin per gebied en per habitatype een of meerdere mitigerende maatregelen zijn opgenomen inclusief de omvang ervan. De PAS-herstelstrategieën zijn in het kader van de programmatische aanpak stikstof (PAS) voor elk Natura2000 habitat(sub)type gedefinieerd en kunnen mogelijk toegepast worden om de stikstoflast in het betreffende (sub)habitat te verlagen of de negatieve effecten van stikstof te mitigeren (Smits e.a., 2012). De PAS-herstelstrategieën vinden hun toepassing binnen de PAS-gebiedsanalyses. Voor een kwantitatieve onderbouwing van de mitigerende maatregelen heeft DLG Onderzoekcentrum B-ware gevraagd om een inschatting te geven van de stikstofafvoer van de in de PAS-gebiedsanalyses en nog aanvullend in de maatregelenmatrix opgenomen PAS-herstelmaatregelen, zodat deze kan worden afgewogen tegen de extra N-depositie door aanleg en gebruik van de nieuwe zeesluis. Op basis van een literatuurstudie zijn de effecten van deze maatregelen op de hoogte van de stikstofafvoer van de betreffende habitat(sub)typen gekwantificeerd of op basis van een deskundigenoordeel ingeschat.

2 Methoden

In deze literatuurstudie is de maatregelenmatrix (geleverd door DLG en overeenkomstig zoals opgenomen in het Ontwerp-PIP) als basis genomen voor de berekeningen van stikstofafvoer voor maatregelen in de habitat(sub)typen. Het betreft hier zowel beheer- als inrichtingsmaatregelen waarbij sommige maatregelen het doel hebben stikstof uit het systeem te verwijderen en sommige maatregelen om de robuustheid van de habitats te vergroten door het remmen van versnelde successie.

Er is gebruik gemaakt van (internationale) gepubliceerde wetenschappelijke literatuur, (internationale) rapporten en relevante databases. Voor elk habitat(sub) type zijn gegevens opgezocht en vergeleken met vergelijkbare habitat(sub)typen. Berekeningen zijn gemaakt aan de hand van stikstofafvoer per maatregel voor een eenmalige uitvoer van de maatregel tenzij dit anders is aangegeven in de tekst (bijvoorbeeld bij maaibeheer).

Voor elk habitat(sub)type zijn de effecten van maatregelen op de stikstofafvoer in kaart gebracht en in tabellen gepresenteerd. Per habitat(sub)type worden de maatregelen besproken en worden schattingen van de stikstofafvoer gepresenteerd. Hierbij is in principe de eenmalige stikstofafvoer ingeschat, tenzij anders aangegeven, zoals bijvoorbeeld voor maaien. De hoeveelheid stikstof die wordt afgevoerd volgens de berekeningen betreft de hoeveelheid totaal stikstof en bevat zowel het voor planten beschikbare deel als het niet-beschikbare deel. De berekeningen geven derhalve informatie over de afvoer van stikstof uit het systeem als gevolg van maatregelen maar zeggen niets over de ecologische effectiviteit van de maatregelen.

De betrouwbaarheid van deze schattingen is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van geschikte data in gepubliceerde literatuur. Voor de betrouwbaarheid van deze effecten zijn 3 betrouwbaarheidscategorieën onderscheiden welke worden weergegeven met: ## (betrouwbaar), # (redelijk betrouwbaar) of (#) (deskundigenoordeel). Schattingen die vallen in de categorie "deskundigenoordeel" zijn gedaan na bestudering van de relevante literatuur voor het betreffende habitat(sub)type en veelal verkregen na vergelijkingen met beschreven effecten op de stikstofafvoer in vergelijkbare habitats.

Stikstofafvoer wordt in de tekst en tabellen uitgedrukt in 10^3 mol per hectare (kmol/ha) (1 mol N = 0,014 kg N). Bij de afvoer van stikstof uit een systeem/habitat worden de directe effecten weergegeven. Indirecte effecten zoals een afname van stikstofinvang door een verandering van structuur van de vegetatie zijn niet berekend omdat deze erg variabel zijn. Men dient rekening te houden met een lagere invang van ongeveer 10-50% (afhankelijk van de structuur van de vegetatie) van met name droge stikstofdepositie (in het gebied rondom IJmuiden is dat 60% van de totale depositie). Deze afname is relatief gering ten opzichte van de totale stikstof afvoer door maatregelen als plaggen en maaien.

Ook is het voorkomen beschreven van het habitat(sub)type in de huidige situatie in de Natura2000-gebieden waar de KDW van dit betreffende (sub)type door de achtergronddepositie (AD) momenteel (en in 2025) wordt overschreden. De achtergronddepositie is gebaseerd op de GDN-kaart van 2013 (Grootschalige Depositiekaart Nederland, RIVM), met bijtelling voor de duingebieden (Noordijk, 2012). De informatie is gebaseerd op het deelrapport Natuur van de MER Zeetoegang IJmond.

3 Habitat(sub)typen

Onderstaande tabel (tabel 1) toont de stikstofgevoelige habitat(sub)typen en -soorten waarvoor mitigerende maatregelen zijn opgesteld voor Zeetoegang IJmond. Deze habitat(sub)typen en -soorten zijn betrokken in deze studie.

Tabel 1. Stikstofgevoelige habitat(sub)typen en -soorten in de betrokken Natura 2000-gebieden waarvoor mitigerende maatregelen voor Zeetoegang IJmond zijn opgesteld. KDW) volgens Van Dobben e.a. (2012). Afkortingen: Noordhollands Duinreservaat (ND), Kennemerland-Zuid (KZ), Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder (WJK), Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske (IVOT), Westzaan (W).

Habitat code	Omschrijving Habitattype/-soort	Natura 2000-gebied	KDW (mol/ha/j)
H1014	leefgebied Nauwe Korfslak (als H2190B)	ND, KZ	1429
H1903	Groenknolorchis (als H2190B)	KZ	1429
H2120	witte duinen	ND, KZ	1429
H2130A	grijze duinen (kalkrijk)	ND, KZ	1071
H2130B	grijze duinen (kalkarm)	ND, KZ	714
H2130C	grijze duinen (heischraal)	ND, KZ	714
H2140A	duinheiden met kraaihei (vochtig)	ND	1071
H2140B	duinheiden met kraaihei (droog)	ND	1071
H2150	duinheiden met struikhei	ND, KZ	1071
H2180Abe	duinbossen (droog, berken-eikenbos)	ND, KZ	1071
H2180B	duinbossen (vochtig)	KZ	2214
H2180C	duinbossen (binnenduinrand)	ND, KZ	1786
H2190Aom	vochtige duinvalleien (open water, oligo- tot mesotrofe variant)	ND, KZ	1000
H2190B	vochtige duinvalleien (kalkrijk)	ND, KZ	1429
H2190C	vochtige duinvalleien (ontkalkt)	ND, KZ	1071
H4010B	vochtige heiden (laagveengebied)	WJK, IVOT, W	786
H6410	blauwgraslanden	ND	1071
H7140B	overgangs-en trilvenen (veenmosrietlanden)	WJK, IVOT, W	714

3.1 Habitatype H2120 (Witte duinen)

Beschrijving

Natura 2000 habitatype H2120 betreft buitenduinen die begroeid zijn met Helm, Noordse helm en/of Duinzwenkgras. Omdat hier nog geen opbouw van organische stof heeft plaatsgevonden, is het zand van deze duinen wit, vandaar de naam Witte duinen. Witte duinen ontstaan uit nog nauwelijks begroeide Embryonale duinen (H2110) en gaan bij successie over in Grijze duinen (H2130).

Stikstofdepositie

Voor het behoud van Witte duinen is de vitaliteit van Helm van groot belang. Als de duinen niet meer verstuiven en er dus geen vers zand meer wordt aangevoerd, vestigen zich aaltjes in de bodem die de wortels van Helm aantasten (Van der Putten, 1989 (in Smits e.a., 2012)). Hierdoor wordt de Helmbegroeiing verzwakt en zal deze verdwijnen. Door verhoogde stikstofdepositie kunnen algen op de kale bodem tussen de planten gaan groeien. Deze algen zorgen ervoor dat de zandkorrels aan elkaar katten en daardoor minder goed kunnen verstuiven. Hierdoor wordt het duin versneld vastgelegd en verdwijnt de begroeiing met helm sneller (Pluis, 1993 (in Smits e.a. 2012); Smits e.a., 2012). Voor dit habitatype zijn empirisch kritische depositiewaarden van 1429 mol/ha/jaar (20 kg N/ha/jaar) vastgesteld (Van Dobben e.a. 2012).

Voorkomen

Het habitatype Witte duinen komt voor in het Noordhollands Duinreservaat (186 ha) en Kennemerland-Zuid (169 ha). In ongeveer 23 ha van dit habitatype wordt de KDW momenteel overschreden door de AD, voornamelijk in het Noordhollands Duinreservaat. In het Noordhollands Duinreservaat wordt de kritische depositiewaarde in dit habitatype met gemiddeld 191 mol/ha/jaar (2,7 kg/ha/jaar) overschreden, in Kennemerland-Zuid met 93 mol/ha/jaar (1,3 kg/ha/jaar).

Maatregelen

De mitigerende maatregelen die in aanmerking komen bestaan voor beide duingebieden uit:

- de aanleg van stuifplekken, inclusief nabeheer
- plaggen en/of chopperen
- verwijderen van struweel/opslag/exoten

Maatregel: Aanleg stuifplekken

De bodem van Witte Duinen bevat nog weinig stikstof, omdat er nog weinig organische-stofopbouw heeft plaatsgevonden. Jones e.a. (2004) hebben in Engeland, Wales en Schotland onderzoek uitgevoerd aan embryonale en witte duinen over een gradiënt met stikstofdepositie (7-30 kg N/ha/jr). De stikstofgehalten in de bodem varieerden hier tussen 10 en 89 kmol/ha. Bij het aanleggen van stuifkuilen wordt ook de bovengrondse vegetatie verwijderd. In deze vroege successie, waarbij er nog nauwelijks bodemopbouw heeft plaatsgevonden, bevindt een relatief groot gedeelte van de stikstofpool zich in de vegetatie. In het onderzoek van Jones e.a. (2004) was de bovengrondse biomassa 571-2463 g/m² en bevatte de bovengrondse biomassa 4-14 kmol N/ha. Kleine stuifkuilen hebben een oppervlak van 1-10m², medium stuifkuilen en stuifvlakten hebben een oppervlak van 50-500m². Voor stuifkuilen bedraagt de afvoer in Witte duinen dan (afhankelijk van de vegetatie en stikstofgehalten in de bodem) tussen 0,0014- 0,103 kmol N/m². Door middel van het

bevorderen van verstuiving wordt netto relatief weinig stikstof verwijderd. Dit betekent echter niet dat deze maatregel niet effectief zou zijn tegen de effecten van een verhoogde stikstofdepositie. De stikstofrijke toplaag van de bodem wordt begraven onder een nieuwe laag zand, waardoor de stikstofbeschikbaarheid voor ondermeer algen op de toplaag afneemt. Instuiven van nieuw zand zorgt eveneens voor de aanvoer van bufferende stoffen, waardoor verzuring wordt tegengegaan. Het is te verwachten dat de aanleg van een stuifkuil op dezelfde plek pas op zijn vroegst naar 20 jaar opnieuw kan worden uitgevoerd.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/m²)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Verstuivingskuilen	0,0014 - 0,0103	##

Maatregel: Plaggen en/of chopperen

Bij chopperen worden de naast de bovengrondse biomassa ook de bovenste centimeters van de organische horizont weggehaald. Omdat in de Witte duinen zich nog nauwelijks een organische horizont gevormd heeft (schatting circa 2 cm), is het effect van chopperen hetzelfde als van plaggen, waarbij de gehele organische horizont wordt weggehaald. Beneden enkele centimeters diepte bestaat de bodem volledig uit zand zonder organische stof. De stikstofgehaltenes in dit kale zand zijn verwaarloosbaar klein. Er kan daarom vanuit gegaan worden dat nagenoeg alle stikstof die in het onderzoek van Jones e.a. (2004) gemeten werd in monsters van 15 cm lengte, zich in de bovenste 2 cm bevond. Voor plaggen en/of chopperen, waarbij eveneens de bovengrondse vegetatie verwijderd wordt, kunnen daarom dezelfde waarden gebruikt worden als bij het aanleggen van stuifkuilen.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Plaggen/chopperen	14 - 103	##

Maatregel: Verwijderen struweel/opslag en exoten

In de Witte duinen kunnen zich struweelvormers zoals Dauwbraam (Everts e.a., 2006), Duindoorn of Vlier vestigen. De opslag van houtige gewassen is in de Witte duinen echter veel kleiner dan in de Grijze duinen. Doordat er zich nog nauwelijks een organische bodemhorizont ontwikkeld heeft en door de grotere blootstelling aan saltspray, verstuiving en wind, is het voor deze gewassen lastiger om te kiemen en zich te vestigen in de Witte duinen. Een grove deskundigeninschatting geeft aan dat de opslag van houtige gewassen in de Witte duinen ongeveer 20-25 % van de opslag in Grijze duinen beslaat (zie 3.2 Habitatype H2130 (Grijze duinen)). De verwijdering van stikstof door deze maatregel zal dan ongeveer 2,2-3 kmol N/ha bedragen. Na een eerste uitvoer van de maatregel zal de maatregel in vervolgjaren ongeveer 10-20% van de N-afvoer van de eerste maal afvoeren: 0,22 - 0,6 kmol/ha.

Effecten op de stikstofbalans

<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Verwijderen struweel/opslag/exoten	2,2 - 3	(#)

3.2 Habitattype H2130 (Grijze duinen)

Beschrijving

Natura 2000 habitattype 2130 is onder te verdelen in 3 subtypen: H2130A, de kalkrijke grijze duinen, H2130B de kalkarme grijze duinen en H2130C, heischrale duinvegetatie. Grijze duinen zijn stabiele duinlandschappen met een gras-, mos- en/of korstmoslaag en komen in grote delen van Europa langs de kust voor. Het habitatsubtype H2130A (kalkrijke grijze duinen) is het meest soortenrijk en bevat veel soorten die ook voorkomen in kalkgraslanden.

Stikstofdepositie

Grijze duinen zijn veelvuldig onderzocht met betrekking tot de gevoeligheid voor stikstofbelasting uit de atmosfeer (o.a. (Jones e.a. 2004; Remke e.a. 2009). Zowel kalkarme als kalkrijke vegetaties binnen het habitat "grijze duinen" zijn zeer gevoelig voor stikstofbemesting. Empirisch onderzoek heeft aangetoond dat een stikstofbelasting boven de KDW leidt tot het verdwijnen van korstmossen en zeldzame kruiden (o.a. *Cladonia portentosa* en *Galium verum*) en het woekeren van snelgroeiende grassen en zegges (o.a. *Ammophila arenaria* en *Calamagrostis epigejos*) (Van den Berg e.a. 2005; Remke, Brouwer e.a. 2009). Voor dit habitat(sub)type zijn empirische kritische stikstof depositiewaarden vastgesteld van 1071 (voor de kalkrijke delen) en 714 mol/ha/jr voor de kalkarme en heischrale vegetaties (Van Dobben, Bobbink e.a. 2012) waarbij een lagere KDW voor het kalkarme type wordt aangehouden vanwege de geringere buffering in de bodem (lagere kationen beschikbaarheid).

Voorkomen

Uit de GIS-analyse van het deelrapport Natuur (Zwerver en Veldhuizen 2014) blijkt dat het habitat grijze duinen met een overschrijding van de KDW door de AD voorkomt in de Natura 2000 gebieden Kennemerland-Zuid en Noordhollands Duinreservaat. In deze gebieden wordt momenteel in ruim 2326 ha de KDW van het kalkrijke subtype (H2130A) overschreden door de AD. Voor de habitatsubtypen (H2130B en H2130C) is dat respectievelijk 1206 en 8,7 ha.

In het Noordhollands Duinreservaat wordt de stikstofdepositie overschreden door de AD met gemiddeld tussen 378 mol/ha/jr (H2130C) en 604 mol/ha/jr (H2130B). In Kennemerland-Zuid is deze overschrijding lager en gemiddeld tussen 273 mol/ha/jr (H2130C) en 509 mol/ha/jr (H2130B). De belasting uit de atmosfeer (stikstof- en zwaveldepositie) is verzurend en met name licht gebufferde habitats, zoals de grijze duinen, kunnen hierdoor versneld ontkalkt raken (Kooijman e.a. 2009).

Maatregelen

De volgende maatregelen, zoals beschreven in de herstelstrategieën binnen de PAS (Ministerie van Economische Zaken 2012), komen in aanmerking binnen de kalkrijke grijze duinen (H2130A) en kalkarme grijze duinen (H2130B):

Voor het **Noordhollands Duinreservaat**:

- uitbreiding begrazing bij Bergen (H2130B)
- begrazing zweefvliegveld (H2130B)
- intensievere exotenbestrijding/ onthouting (plaggen/chopperen) (H2130A, H2130B)
- intensievere exotenbestrijding/ onthouting (verwijderen struweel) (H2130A, H2130B)
- verruigde graslanden maaien (H2130A, H2130B)
- kleinschalige verstuivingen (H2130A, H2130B)

Voor **Kennemerland-Zuid**:

- initiëren grootschalige verstuiving (H2130A, H2130B)

- bevorderen kleinschalige verstuiving (H2130A, H2130B)
- verwijderen houtopslag, exoten en habitatvreemde soorten (H2130A, H2130B)
- plaggen en/of chopperen (H2130A, H2130B)
- drukbegrazing (H2130A, H2130B)
- (kleinschalig) maaien en afvoeren (H2130A)

De volgende maatregelen komen in aanmerking binnen de heischrale grijze duinen (H2130C):

Voor het **Noordhollands Duinreservaat**:

- optimalisering waterbeheer
- 'Nature driven' onttrekking t.b.v. drinkwaterproductie
- bevorderen verstuiving

Voor **Kennemerland-Zuid**:

- begrazing
- bevorderen verstuiving

Maatregel: Intensiveren exotenbestrijding/onthouting (verwijderen struweel) (Noordhollands Duinreservaat) en verwijdering houtopslag, exoten en habitatvreemde soorten (Kennemerland-Zuid). Hierna genoemd: Onthouting en verwijdering struwelen.

Deze maatregelen beogen de sterke verruiging en verhouting van dit habitat terug te dringen. Onderzoek heeft aangetoond dat het Noordhollands Duinreservaat en Kennemerland-Zuid te kampen hebben met een sterke toename van houtopslag van met name invasieve (uitheemse) houtige soorten als Amerikaanse vogelkers, Rimpelroos en Krent (Van de Haterd en de Jong 2010). Deze uitbreiding van houtachtige gewassen wordt deels toegeschreven aan verhoogde stikstofdepositie (Jorgensen en Kollmann 2009). De verwijdering van deze exoten en ook inheemse habitat vreemde houtachtige soorten als Duindoorn en Liguster zal met name de successie naar houtstruwelen remmen en kansen bieden aan specifieke soorten voor het grijze duinen habitat. Het is waarschijnlijk dat deze maatregel enkele malen herhaald zal moeten worden, maar hoe vaak is niet precies bekend en sterk afhankelijk van de beginsituatie.

De verwijdering van exoten en houtachtigen heeft effect op de stikstofbalans. Deze effecten zijn sterk afhankelijk van de hoeveelheid materiaal dat wordt verwijderd. De gemiddelde hoeveelheid bovengronds houtachtig materiaal in grijze duinen kan al snel 10-14 Mg/ha opleveren (Kooijman en Smit 2001; Navar e.a. 2002; Heyel en Day 2006; Dassonville e.a. 2008). Een gemiddeld stikstofpercentage voor dit materiaal hangt sterk af van de soortensamenstelling. Houtachtigen zoals Kraaihei en Amerikaanse kers hebben een stikstofpercentage van ongeveer 0,8-1,1% (Burton en Bazzaz 1995; Olofsson en Oksanen 2002; Dassonville, Vanderhoeven e.a. 2008) terwijl de stikstoffixerende duindoorn een relatief hoog percentage van 1,5% heeft (Domenach e.a. 1994). De leeftijd van de vegetatie speelt hierbij ook een grote rol met relatief lagere percentages N in oudere gewassen (meer hout) (Stewart en Pearson 1967). Bij volledige afvoer van 14 Mg/ha houtachtige gewassen wordt er dan ook tussen de 11000 en 15000 mol/ha N afgevoerd afhankelijk van het soort en de leeftijd en dichtheid van begroeiing. Bij eventuele herhaling van deze maatregel, bijvoorbeeld na 5 jaar, wordt uiteraard opnieuw stikstof afgevoerd. Aangezien over de snelheid van hergroei eigenlijk geen meetgegevens beschikbaar zijn, is het moeilijk een inschatting van deze extra stikstofafvoer te geven. Het is daarbij wel aannemelijk dat deze afvoer wel veel lager is dan die van de eerste ingreep, en mogelijk daarvan 10-20% bedraagt (deskundigenoordeel; afvoer: 1100 - 1500 mol N/ha bij laag N, 2200 - 3000 mol N/ha bij hoog N).

Effecten op de stikstofbalans

<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Onthouting en verwijdering struwelen (laag %N - hoog %N)	11-15	#

(op basis van literatuur en schatting gemiddelde biomassa bij eerste ingreep)

Maatregel: *plaggen en/of chopperen (Kennemerland-Zuid). Hierna genoemd: plaggen en chopperen.*

In duingebied met houtopslag van inheemse (bijvoorbeeld Kraaihei) en uitheemse (bijvoorbeeld Amerikaanse vogelkers) soorten wordt geplagd of gechopperd ten behoeve van omvorming naar open grijze duinen. Plaggen is het volledig verwijderen van de vegetatielaag en het geheel of gedeeltelijk verwijderen van het organische deel van het bodemprofiel (en daarmee dus de nutriënten en/of organische stof die in de vegetatielaag en het organische deel van het bodemprofiel aanwezig zijn) (OBN 2014). Chopperen is een vorm van verdiept maaien of van ondiep plaggen, afhankelijk van de diepte, waarop de machine wordt afgesteld. Chopperen kan als vorm van plaggen worden gebruikt op plaatsen waar de strooisellaag dunner is dan twee centimeter (OBN 2014). Beide maatregelen verwijderen de gehele bovengrondse groeilaag van de vegetatie en een groot deel (plaggen) of een deel van de bovenste organische laag van de bodem.

Het effect van plaggen en chopperen op de stikstofafvoer in Grijze duinen hangt af van de diepte van plaggen en/of chopperen en het stikstofgehalte van de laag die verwijderd wordt. Omdat, naast het bodemmateriaal, ook de gehele bovenstaande vegetatie wordt verwijderd met deze maatregelen hangt de afvoer ook af van de hoeveelheid en het stikstofpercentage van de bovenstaande vegetatie.

Voor een schatting van de afvoer in de kalkrijke en kalkarme grijze duinen kunnen de volgende aannamen gemaakt worden: i) plaggen en chopperen als maatregel vindt plaats op locaties waar de vergrassing (door bijvoorbeeld Duinriet of Helm) en deels de verhouting de overhand krijgt. Het is niet zinvol om, met het oog op biodiversiteit en natuurwaarden, een soortenrijke grijze duinen vegetatie te plaggen ii) Plaggen en chopperen vindt plaats op locaties waar de strooisel en de organische bodemlaag redelijk ontwikkeld zijn (10-15 cm dik). Dit zijn vaak oudere delen van de vegetatie waar ook houtopslag en verruiging vaker een probleem vormen.

In grijze duinen in het renodunaal district is onderzoek gedaan naar de stikstofhoeveelheden in bodem en vegetatie van grijze duinen (Klinkhamer en Jong 1985; Kooijman en Besse 2002). Hieruit bleek dat de vegetatie (zowel dood als levend materiaal) van kalkrijke en kalkarme grijze duinen (H2130A +H2130B) een gemiddeld stikstofpercentage heeft van ongeveer 1,1%. Deze waarden komen goed overeen met waarden gegeven voor grijze duinen vegetatie in Engeland van 1,3% (Plassmann e.a. 2009). De gemiddelde bovengrondse biomassa van deze twee habitat(sub)typen wordt geschat op ongeveer 400 g/m² voor type A en 340 g/m² voor type B (Willems 1981; Vermeer en Berendse 1983; Klinkhamer en Jong 1985; Kooijman en Besse 2002; Plassmann, Edwards-Jones e.a. 2009).

Het organische stof gehalte van de bodems van de grijze duinen is laag en ligt tussen de 1 en 5% (Veer en Kooijman 1997; Grootjans e.a. 2007). Uit metingen blijkt dat tussen de 50% en 70% van dit organische stof gehalte, koolstof is (Van Vuuren, Aerts e.a. 1992; Grootjans, Adema e.a. 2007) waarbij een gemiddelde C:N ratio van 15 voor type H2130A en 19 voor type H2130B wordt gemeten (Kooijman en Besse 2002). Bij het plaggen tot 10 cm diepte werd in een eerdere onderzoek in deze habitats tussen de 5 en 12kg organische stof per m² verwijderd (Van Vuuren e.a. 1992; Veer en Kooijman 1997; Grootjans, Adema e.a. 2007). Deze grote spreiding in organische stofgehalte heeft

met name te maken met de leeftijd van de locaties en niet zozeer met het habitat(sub)type (zie ook Van Vuuren, Aerts e.a. 1992). De bovenstaande vegetatie zal rijker aan stikstof zijn bij organische stof-rijkere bodems en ook de biomassa zal hoger zijn. Echter, het aandeel stikstof in de bovengrondse biomassa ten opzichte van het aandeel stikstof in de bodem is zeer laag en verschillen in bovengrondse biomassa als gevolg van verschillen in rijkdom van de bodem geven in onderstaande berekeningen geen significante verschillen in de totaalbalans. Onderstaande berekeningen gaan daarom uit van een gemiddelde percentage stikstof voor bovengrondse biomassa.

In oudere, organische stofrijke bodems wordt bij een plagdiepte van 10 cm ongeveer 10 kg/m² organische stof verwijderd en dat is ongeveer 5-7 kg/m² koolstof (C) (Kooijman en Besse 2002; Kauer e.a. 2004; Grootjans, Adema e.a. 2007). Met een C:N ratio van 15 voor habitat(sub)type H2130A geeft dat 23,5 mol N/m²- 33,3 mol N/m². Dit betekent dat bij een plagdiepte van 10cm ongeveer 23,5 mol N/m² - 33,3 mol N/m² via bodemmateriaal wordt verwijderd. In jongere vergraste situaties komen lagere organische stof gehalten (ongeveer 5%) voor en wordt er bij 10 cm plaggen slechts een krappe 5 kg organische stof verwijderd. Met gegeven C:N ratio van 15 voor H2130A geeft dat een verwijdering van 11,1 mol N/m²- 16,4 mol N/m² bij een plagdiepte van 10cm. In totaliteit wordt er bij plaggen van het kalkrijke type tot 10cm diepte een totaal van (400 x 1,1%) = 0,31 mol N/m² (het plantendeel) + 11,1-33,3 mol N/m² (bodemdeel) verwijderd.

Plaggen van het kalkarme type (H2130B) grijze duinen is vergelijkbaar met bovenstaande berekening voor kalkrijke duinen met dit verschil dat de kalkarme duinen een gemiddeld hogere C:N ratio heeft in de bodem en een andere biomassa. Plaggen tot 10cm diepte verwijdert tussen de 8,9 en 26,3 mol N/m² en dat is in totaal (inclusief het stikstofdeel uit de bovenstaande vegetatie van 0,29 mol N/m²) tussen 9,2 en 26,6 mol N/m², afhankelijk van het organische stof gehalte en de stikstofrijkdom van de bodem.

In veel gevallen is de organische toplaag van grijze duinen in de orde van grootte van 5 cm. Bij het verwijderen van deze laag door ondiep plaggen of door de maatregel chopperen wordt naast het organische materiaal ook bovenstaande vegetatie verwijderd (van Til en Kooijman 2007). Hierbij wordt voor het kalkrijke type (zie berekening hierboven) in totaliteit tussen 5,9 en 16,9 mol N/m² verwijderd. In het kalkarme type wordt bij chopperen in totaliteit tussen 4,9 en 13,6 mol N/m² verwijderd.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Plaggen 10 cm Type A (arme bodem - rijke bodem)	115-336	#
Plaggen 10 cm Type B (arme bodem - rijke bodem)	92-266	#
		#
Chopperen (5cm plaggen) Type A (arme bodem - rijke bodem)	59-169	#
Chopperen (5cm plaggen) Type B (arme bodem - rijke bodem)	49-136	#

(op basis van literatuur en schattingen gemiddelde bovengrondse biomassa)

Maatregel: *Verruigde graslanden maaien, (kleinschalig) maaien en afvoeren (Kennemerland-Zuid). Hierna genoemd: maaien en afvoeren*

Maaien van duingraslanden is van oorsprong een maatregel voor de winning van hooi. Het maaien van sterk vergraste grijze duinen en grijze duinen met jonge houtopslag kan een maatregel zijn om de successie van de gemeenschap te vertragen. Als het maaisel tevens wordt afgevoerd kan het ook een effectieve methode zijn om stoffen als stikstof uit het systeem te verwijderen. Bij het

toepassen van deze maatregel voor het verminderen van de stikstofhoeveelheden in het systeem wordt aangenomen dat al het maaisel wordt afgevoerd. Door de jaarlijkse groei van de vegetatie zal deze maatregel jaarlijks moeten worden uitgevoerd. Om de effecten van maaien op de afvoer van stikstof te kwantificeren moeten schattingen van stikstofgehalte en bovengrondse biomassa worden vergeleken. Bij maaien en afvoer blijkt 100% afvoer van de bovengrondse biomassa niet haalbaar omdat er altijd stoppels en materiaal achterblijft. 80% afvoer is reëel (Gorree en Runhaar 1992). De bovengrondse biomassa zal toenemen tot 150% als deze niet jaarlijks wordt verwijderd. Dit betekent dat bij een tweejaarlijks maairegime er 80% van de 150% biomassa =120% wordt afgevoerd. Ofwel gemiddeld 60% per jaar. Een jaarlijks maairegime en een tweejaarlijks maairegime worden hieronder vergeleken.

Onderzoek naar maaibeheer in vergelijkbare systemen zoals heidesystemen in Engeland heeft aangetoond dat er een geschatte afvoer is van ongeveer 0,17 mol N/m² (Gay e.a. 1968). In de wat productievare rietlanden wordt deze afvoer tussen de 0,11 en 0,3 mol N/m² geschat (Haslam 1969). De bovengrondse biomassa van vergraste kalkrijke grijze duinen wordt geschat op 400g/m² en op kalkarme grijze duinen op 340 g/m² (zie referenties hierboven). Bij een gemiddeld stikstofpercentage van 1,1% en afvoer van het maaisel betekent dat met deze maatregel ongeveer 0,25 en 0,19 mol N/m² jaarlijks wordt afgevoerd. Deze waarden komen goed overeen met schattingen van Plassmann e.a. 2009 van 0,46 mol N/m².

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)	Betrouwbaarheid
Maaien en afvoeren Type A (jaarlijks maaien)	2,5	##
Maaien en afvoeren Type A (tweejaarlijks maaien)	1,9	##
Maaien en afvoeren Type B (jaarlijks maaien)	2,3	##
Maaien en afvoeren Type B (tweejaarlijks maaien)	1,8	##

Maatregel: Begrazing zweefvliegveld en Uitbreiding begrazing bij Bergen (Noordhollands Duinreservaat) en Drukbe grazing (Kennemerland-Zuid). Hierna genoemd: begrazing en drukbe grazing

Voor het Natura 2000 gebied Kennemerland-Zuid staat voor ongeveer 779 ha de maatregel begrazing aangemerkt. In het Noordhollands duinreservaat is het aantal ha voor uitbreiding van begrazing niet gespecificeerd. Bij begrazing wordt in tegenstelling tot de maatregel maaien en afvoeren het plantaardig materiaal niet of nauwelijks afgevoerd. Voedingsstoffen komen voor een deel via de uitwerpselen van de grazers weer terug in het ecosysteem. De afvoer van stikstof uit het systeem door grote grazers (paarden) is gering tot niet significant (Plassmann, Edwards-Jones e.a. 2009). De afvoer van stikstof uit kalkgraslanden door schapen is onderzocht en is ongeveer 0,05 mol N/m²/jr bij een gemiddelde extensieve begrazing (Wells 1969). Dit komt overeen met ongeveer 20% van de bovengrondse biomassa van kalkgraslanden. Andere onderzoeken geven een hogere biomassa afvoer bij extensieve begrazing (Gorree en Runhaar 1992, Grootjans, Adema e.a. 2007). Gorree en Runhaar geven afvoer schattingen van stikstof door intensieve begrazing van ongeveer 40% (Gorree en Runhaar 1992). Hogere percentages afvoer worden bewerkstelligd door schapen overnacht in stallen te houden waardoor uitwerpselen niet in het ecosysteem terecht komen. Bij intensieve begrazing (drukbe grazing) wordt ongeveer 70% van de bovengrondse biomassa geconsumeerd (Grootjans, Adema e.a. 2007). Begrazing in vervolgjaren (na het eerste jaar van uitvoer van de maatregel) zal resulteren in een geringere stikstofafvoer van ongeveer 60-75% van de afvoer van het eerste jaar

(Verbeek e.a. 2006). Extensievere begrazing in de grijze duinen leidt tot een afname van ongeveer 35%. Gegeven een bovengrondse biomassa van 400 (type A) en 340 (type B) g/m² is te berekenen dat drukbegrazing leidt tot een afname in biomassa van (400x70%)= 280 g/m² voor type A) en (340x70%)= 238 g/m² voor type B). Bij extensieve begrazing is dit respectievelijk 140 en 119 g/m². Stikstof in deze biomassa wordt voor ongeveer 50% gerecycled in het systeem en wordt derhalve niet afgevoerd. Dit hangt echter af van het begrazingsregime: als de schapen op stal worden gehouden mag uitgegaan worden van een afvoer van 60% van het stikstof. In de berekening hieronder gaan we uit van het op stal houden (of in enclosure) van de schapen gedurende de nacht en dus een stikstofafvoer van 60% van het geconsumeerde deel (Gorree en Runhaar 1992). De berekende waarden van 656-615 mol/ha/jaar (voor extensieve begrazing) komen goed overeen met de waarden gepubliceerd door Wells voor kalkgraslanden van 500 mol/ha/jaar (Wells 1969).

Hierbij moet worden opgemerkt dat begrazing als beheermaatregel in enkele gevallen zeer negatief is voor de biodiversiteit en met name voor duinfauna (Arens e.a. 2009). Op locaties in het Renodunaal district leidt begrazing niet tot een hoger aantal soorten en is begrazing ook niet in staat de verstruweling tegen te gaan (Arens, van den Burg e.a. 2009). Bij begrazing is het vaak noodzakelijk om periodiek (3-5 jaar) te maaien om de opslag van struweel en bos tegen te gaan (Grootjans e.a. 2007).

In subtype C (heischrale duingraslanden) komen naast soortenrijke kruidvegetatie ook (in lage bedekking) heideplanten als kraaihei en struikhei voor. De totale bovengrondse biomassa van deze vegetatie is lager dan die van vergraste grijze duinen of van een duinheide. De gemiddelde biomassa van heischrale vegetatie is ongeveer 460 g/m² (Majzlanova 1992; Kozak 2000; Milne e.a. 2002, B-ware eigen metingen). Het gemiddelde stikstofgehalte van deze vegetatie is hoger dan die van duinheide en de voedselarme vegetatie van de grijze duinen. Het percentage stikstof ligt gemiddeld op ongeveer 1,5% (Hicks e.a. 2000; Kirkham 2001). Bij de berekening voor stikstofafvoer bij deze maatregel moet rekening gehouden worden met de aanwezigheid van houtachtige planten als struikheide en kraaihei. Deze houtachtige planten worden relatief slecht gegeten door schapen (ongeveer 50% minder dan grassen) zowel onder normale begrazing als onder drukbegrazing (Terry e.a. 2004). Gezien het geringe aantal heideplanten heeft dit echter weinig invloed op de totale afvoer door begrazing.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid (#)</i>
Extensieve begrazing Type A	0,7	(#)
Drukbe­grazing Type A	1,3	(#)
Extensieve begrazing Type B	0,6	(#)
Drukbe­grazing Type B	1,2	(#)
Extensieve begrazing Type C	0,9	(#)
Drukbe­grazing Type C	1,9	(#)

(op basis van literatuur en schattingen biomassa en afvoer door begrazers. Waarde geeft de afvoer voor een 1 jaar bij begrazing door schapen en het op stal houden van de schapen. De variatie in eetgedrag tussen begrazers en zelfs tussen schapenrassen geeft slechts een redelijke betrouwbaarheid voor deze berekening)

Maatregel: Kleinschalige verstuivingen (Noordhollands Duinreservaat) en Initiëren grootschalige verstuiving en Bevorderen kleinschalige verstuiving (Kennemerland-Zuid). Hierna genoemd: kleinschalige en grootschalige verstuivingen.

Een gebrek aan verstuivingsdynamiek vormt een van de grootste knelpunten bij de instandhouding van grijze duinen als habitat. Het initiëren van verstuivingen als maatregel wordt bewerkstelligd door het graven van stuifkuilen en open stuifzandvlakten (door middel van plaggen). Met deze maatregel poogt men het areaal van verstuihbare zand te vergroten waarbij dit zand zich moet verspreiden over een groter gebied om zo weer nieuwe (meer gebufferd en minder N) situaties te creëren. Deze maatregel moet zeker niet binnen 20 jaar herhaald worden op de zelfde plek. Plaggen dient te geschieden tot in de minerale laag (Boxel e.a. 1997), die soms diep kan zitten. Bij het graven van stuifkuilen en het plaggen van stuifvlakten dient het afgegraven materiaal afgevoerd te worden om effect te sorteren op de stikstofbalans van het gebied. Stikstofafvoer is derhalve afhankelijk van het oppervlak van de uit te voeren maatregel. Kleine stuifkuilen hebben een oppervlak van 1-10m², medium stuifkuilen en stuifvlakten hebben een oppervlak van 50-500m². De afvoer van stikstof hangt nauw samen met de plag/graafdiepte. Een gedegen schatting van het effect van het graven van stuifkuilen kan worden gegeven als we uitgaan van een totale verwijdering van de organische laag die soms tot 30 cm diepte zit. Voor de berekeningen worden de data gebruikt die ten grondslag liggen aan de berekeningen van de effecten van plaggen. In het geval van stuifkuilen wordt een gemiddelde organische bodemdiepte van 20 cm gehanteerd en er wordt uitgegaan van het verwijderen van een kleine laag minerale bodem. In de berekening wordt er van uitgegaan dat de maatregel uitgevoerd wordt op bodems met een hoog organisch stofgehalte. Omdat minerale bodem wordt meegenomen zal dit percentage niet hoger dan 10% zijn. Voor een vierkante meter wordt er 200 L bodem verwijderd. Dit komt neer op 200 x (gemiddelde bulk density) 900 g/L) = 180 kg materiaal per m². 180 x 10% = 18kg organische stof en dat is met een gemiddeld C % van 50% ongeveer 9 kg C. De waarden in onderstaande tabel geven de stikstofafvoer in mol N per m² aan verstuivingsvlak/kuil dat wordt gegraven. Hierin zijn ook de waarden van de bovengrondse biomassa meegenomen.

Het subtype C (heischrale duingraslanden) komt voor op relatief vochtigere plekken. De gemiddelde biomassa van heischrale vegetatie is ongeveer 340 g/m² die verwijderd wordt als op een plek met dit (gedegradeerde) subtype een stuifkuil wordt gemaakt (Majzlanova 1992; Kozak 2000; Milne, Pakeman e.a. 2002). Het gemiddelde stikstofgehalte van deze vegetatie is hoger dan die van duinheide en de voedselarme vegetatie van de grijze duinen. Het percentage stikstof ligt gemiddeld op ongeveer 1,5% (Hicks, Leith e.a. 2000; Kirkham 2001).

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/m ²)	Betrouwbaarheid
Verstuivingskuilen en vlakten type A	0,043	#
Verstuivingskuilen en vlakten type B	0,034	#
Verstuivingskuilen en vlakten type C	0,017	#

(op basis van literatuur en schattingen organische bodemlaag. Waarden geven de stikstofafvoer per m² gegraven stuifzand)

Maatregel: Optimalisering waterbeheer, 'Nature driven' onttrekking t.b.v. drinkwaterproductie (Noordhollands Duinreservaat).

Het heischrale subtype (H2130C) komt voor op de wat nattere standplaatsen en is derhalve sterk afhankelijk van lokale hydrologie. De maatregelen "optimalisering waterbeheer" en "nature driven onttrekking" voor dit subtype in het Noordhollands Duinreservaat spelen hier sterk op in. Deze maatregelen zijn mitigerend en leiden niet tot een reductie van de hoeveelheid stikstof in het gebied. Verdroging is een knelpunt voor natte vegetatie en ook voor heischrale grijze duinen. Vernatting zal zorg dragen voor een beter milieu (natter milieu) en zal zorg dragen voor de aanvoer (via grondwater) van bufferende kationen. De toename in kationen zorgt voor een betere balans tussen basische kationen (bijvoorbeeld calcium en magnesium), stikstof (in de vorm van ammonium en nitraat) en metalen (bijvoorbeeld aluminium). Een verbeterde balans werkt sterk mitigerend op de stikstofeffecten voor gevoelige soorten uit dit milieu (Bobbink e.a. 1998; De Graaf e.a. 1998; De Graaf 2000).

In het geval van het afplaggen van de bovenzijde van valleien om lokale hydrologie te herstellen kan stikstof worden afgevoerd uit het systeem. Plaggen van deze valleitoppen zal waarschijnlijk plaatsvinden op verruigde delen waarbij grassen en duindoorn (soms dennen) worden verwijderd. In dit geval moet het plagsel worden afgevoerd uit het systeem en gelden de berekeningen van diep plaggen zoals eerder vermeld onder de maatregel: plaggen en chopperen.

3.3 Habitattype H2140 (Duinheide met kraaihei)

Beschrijving

Natura 2000 habitattype 2140 is onder te verdelen in 2 subtypen: H2140A, de duinheide met kraaiheide op vochtige bodem en H2140B de duinheide met kraaihei op droge bodem. Duinheiden komen voor op de oudere, veelal ontkalkte bodems van de duinen maar door de aanwezigheid van een lichte buffering in de ondergrond kunnen deze habitats toch soortenrijker zijn dan hun binnenlandse equivalenten. De aanwezigheid van Kraaihei (*Empetrum nigrum*), ook in lage abundantie, geeft dit type haar naam. Regulier beheer moet successie naar gagelstruweel en duinbos voorkomen ten behoeve van het behoud van deze habitat(sub)typen.

Stikstofdepositie

Duinheiden zijn minder gevoelig voor stikstofdepositie dan de heischrale vegetatietypen zoals de grijze duinen vanwege de geringe buffering die aanwezig is in de bodem en de hogere mate van ontkalking die hier van nature aanwezig is. Dit betekent niet dat ze ongevoelig zijn: onderzoek met stikstofmanipulaties heeft aangetoond dat vasculaire planten toenemen in groei en dominantie bij toenemende stikstofgift en mossen en korstmossen verdwijnen (Nielsen e.a. 2000). Voor dit habitat(sub)type zijn empirische kritische stikstof depositiewaarden vastgesteld van 1071 mol/ha/jr voor zowel de vochtige als de droge variant (Van Dobben, Bobbink e.a. 2012).

Voorkomen

Het habitat duinheiden met kraaihei met een overschrijding van de KDW door de AD komt voor in het Natura 2000 gebied Noordhollands Duinreservaat.

Maatregelen

De maatregelen die in aanmerking komen binnen de vochtige en droge duinheiden met kraaihei zijn:

- plaggen en chopperen
- intensivering onthouten.

Maatregel: Plaggen en chopperen (Noordhollands Duinreservaat)

Metingen in vochtige duinheide met kraaiheide (Terschelling) geven een gemiddelde N-stock van 0,13 mol N/kg droge bodem in de bovenste 10 cm van de bodem (Loeb, 2000). Met hulp van een gemiddelde bulk density van deze bodem van 890 g/dm³ (Green 1972; Kauer, Koester e.a. 2004) geeft dit een gemiddelde N-stock van 11,6 mol N/m² voor de bovenste 10cm van de bodem.

De bovenstaande biomassa van vochtige duinheide met kraaihei werd in 5-voud gemeten op Terschelling en bleek 0,45 mol N/m² (Loeb, 2000). Deze N stock van de bovengrondse biomassa bleek vergelijkbaar met eerder gepubliceerde data van 0,44 mol N/m² maar is sterk afhankelijk van de ouderdom van de vegetatie (Miller en Miles 1970; Berendse e.a. 1987; Kopittke e.a. 2013). De totale verwijdering van stikstof bij een plagdiepte van 10cm komt daarmee op ongeveer (7,9+0,44 =) 8,35 mol N/m². Deze schatting is lager dan eerdere gepubliceerd waarden voor binnenlandse natte heiden van 19,2 mol N/m² (Van Vuuren, Aerts e.a. 1992). Deze verschillen worden slechts voor een deel (ongeveer 1-5%) door de bedekking van kraaihei (als grootste standing N-stock bron) veroorzaakt. De grootste stikstof hoeveelheid zit in de bodem en variatie hierin speelt een grote rol bij de verschillen tussen getoonde waarden.

Accumulatie van organische stof is groter naarmate de duinheiden ouder zijn (Jungerius e.a. 1995). De leeftijd van het habitat, en daarmee de stikstofaccumulatie in de bodem, is bepalend voor de

hoeveelheid stikstof die wordt afgevoerd bij plaggen. Het is bekend dat vochtige habitats vaak hogere organische stofgehalten hebben dan droge habitats (Adams e.a. 2004; De Graaf e.a. 2009). Een vergelijking tussen de stikstofgehalten van bodems van droge en natte heide toont echter dat natte heiden niet per se meer stikstof per m² bevatten dan droge heide (19,2 g N/m² t.o.v. 21,6 mol N/m²) (van Vuuren, Aerts e.a. 1992). In onderstaande berekeningen is gerekend met habitatspecifieke data voor zover dat mogelijk was. Daarnaast is er gerekend met data van vergelijkbare habitats. Bij een vergelijking tussen habitats moet worden opgemerkt dat de verschillen tussen de habitats veel meer te maken hebben met verschillen in leeftijd van de bodem en vegetatie dan met habitatspecifieke eigenschappen.

Het stikstofpercentage in bovengrondse biomassa van Kraaihei (0,98-1,26) is vergelijkbaar met het stikstofpercentage van bovengrondse biomassa van Struikhei (0,99-1,71) (Monni e.a. 2001; Britton en Fisher 2007). Er zijn helaas geen metingen bekend van de stikstofhoeveelheden van droge duinheide met Kraaihei maar het is aannemelijk dat deze vergelijkbaar zijn met binnenlandse droge heiden (*Calluna* heide) met een gemiddelde N-stock van tussen de 0,57 -2,57 mol N/m², afhankelijk van de leeftijd en bedekking Kraaihei (Chapman 1967; Chapman 1970; Miller en Miles 1970; Niemeyer e.a. 2007; Kopittke, Tietema e.a. 2013). Gezien de gelijkenis van dit subtype H2140B met binnenlandse droge heide met struikhei (H2310 en H4030) worden kentallen uit deze habitats meegenomen in de berekening voor H2140B. De stikstofhoeveelheden in de bodem zullen bij een 10 cm plagdiepte vergelijkbaar zijn met die van een binnenlandse droge heide of een binnenlandse vergraste droge heide (maximaal 25 mol N/m²) (Van Vuuren, Aerts e.a. 1992). Plaggen van het droge subtype H2140B voert dus tussen de 8,5 - 27,6 mol N/m² af.

Indien de organische horizont dikker is, geeft dieper plaggen ook hier weer een hogere stikstofafvoer (zie berekeningen Grijze duinen). Een plagdiepte van 15 cm zal (afhankelijk van het organische stofgehalte) een stikstofhoeveelheid van 12,3-29,3 mol N/m² afvoeren in het vochtige habitat(sub)type H2140A en 12,5-38,1 mol N/m² in het droge habitat(sub)type H2140B.

Chopperen van de habitat(sub)typen H2140A en H2140B geeft een vergelijkbare afvoer met de afvoer zoals berekend voor *Calluna* heide (als er sprake is van hoge bedekking aan kraaihei) of de heischrale duinen (als er sprake is van een lage bedekking aan kraaihei). Bij chopperen nemen we daarom aan dat in totaliteit tussen 4 en 13 mol N/m² verwijderd. Deze schattingen komen goed overeen met eerder onderzoek naar stikstofafvoer door chopperen in heidesystemen van 7,1 mol N/m² (Niemeyer, Niemeyer e.a. 2007).

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)	Betrouwbaarheid
Plaggen 10 cm Type A (arme bodem - rijke bodem)	84-196	#
Plaggen 10 cm Type B (arme bodem - rijke bodem)	85-276	#
		#
Plaggen 15 cm Type A (arme bodem - rijke bodem)	123-293	#
Plaggen 15 cm Type B (arme bodem - rijke bodem)	125-381	#
Chopperen Type A (arme bodem - rijke bodem)	43-100	#
Chopperen Type B (arme bodem - rijke bodem)	44-129	#

(op basis van literatuur en schattingen organische bodemlaag. Waarden van droge habitat(sub)type worden berekend aan de hand van waarden voor droge binnenlandse heide)

Maatregel: Intensivering onthouten

Deze maatregel beoogt de sterke verruiging en verhouting van duinheide met kraaihei terug te dringen. Het gaat hier met name om het terugdringen van houtopslag door houtige soorten als Amerikaanse vogelkers, Rimpelroos en Krent (Van de Haterd en de Jong 2010).

Voor de berekening wordt verwezen naar het habitat grijze duinen waarbij uitgegaan wordt van eenzelfde biomassa aan houtachtig materiaal. Het is hierbij waarschijnlijk dat de verhoutende gewassen in de droge variant (subtype A) een hogere stikstofpercentage hebben vanwege een groot aandeel aan duindoorn. De gemiddelde hoeveelheid bovengronds houtachtig materiaal in grijze duinen kan al snel 10-14 Mg/ha opleveren (Kooijman en Smit 2001; Navar e.a. 2002; Heyel en Day 2006; Dassonville e.a. 2008). Bij volledige afvoer van 14 Mg/ha houtachtige gewassen (met stikstofpercentages tussen 0,8-1,5%) wordt er dan ook tussen de 11000 en 15000 mol/ha N afgevoerd afhankelijk van het soort en de leeftijd en dichtheid van begroeiing. Bij eventuele herhaling van deze maatregel, bijvoorbeeld na 5 jaar, wordt uiteraard opnieuw stikstof afgevoerd. Aangezien over de snelheid van hergroei eigenlijk geen meetgegevens beschikbaar zijn, is het moeilijk een inschatting van deze extra stikstofafvoer te geven. Het is daarbij wel aannemelijk dat deze afvoer wel veel lager is dan die van de eerste ingreep, en mogelijk daarvan 10-20% bedraagt (deskundigenoordeel; afvoer: 1100 - 1500 mol N/ha bij laag N, 2200 - 3000 mol N/ha bij hoog N).

Effecten op de stikstofbalans			
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte</i>	<i>stikstofafvoer</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
	<i>(kmol/ha)</i>		
Intensivering onthouten (laag %N - hoog %N)	11-15		#

(op basis van literatuur en schatting gemiddelde biomassa bij eerste ingreep)

3.4 Habitattype H2150 (Duinheide met struikhei)

Beschrijving

Natura 2000 habitatype 2150 is de met struikhei (*Calluna vulgaris*) gedomineerde duinheide zonder kraaiheide. Deze duinheiden komen voor op de ontkalkte bodems en zijn vaak soortenarm. Slechts weinig andere vaatplanten groeien in dit milieu en de ondergroei bestaat voornamelijk uit mossen. Dit habitatype lijkt sterk op het eerder behandelde habitat(sub)type H2140B (droge duinheiden met kraaihei) met als enige verschil dat kraaihei in habitat type H2150 afwezig is. Ook lijkt dit type sterk wat betreft soortensamenstelling en groei op de binnenlandse droge heiden met *Calluna*.

Stikstofdepositie

Duinheiden met struikhei komen voor op sterk ontkalkte bodem en zijn soortenarm, ze zijn derhalve minder gevoelig voor stikstofdepositie. Voor dit habitatype is een empirische kritische stikstof depositiewaarde vastgesteld van 1071 mol/ha/jr (Van Dobben, Bobbink e.a. 2012).

Voorkomen

Het habitat duinheiden met struikhei met een overschrijding van de KDW komt voor in het Natura 2000 gebied Noordhollands Duinreservaat en Kennemerland-Zuid.

Maatregelen

De maatregelen die in aanmerking komen binnen dit habitatype zijn:

Voor **Kennemerland-Zuid**:

- Plaggen en/of chopperen
- Spragelen
- Begrazing
- Verwijderen exoten
- Verwijderen bos/struweel

Voor het **Noordhollands Duinreservaat**:

- Plaggen en chopperen
- Intensiveren onthouting (verwijderen struweel)

Maatregel: Plaggen en/of chopperen (Kennemerland-Zuid) en Plaggen en chopperen (Noordhollands Duinreservaat). Hierna genoemd: Plaggen en chopperen.

Vanwege de grote gelijkens met het habitat(sub)type H2140B wordt voor de berekening verwezen naar de behandeling van deze maatregel (eens in de 20 jaar op zijn hoogst) aldaar.

De berekende waarden van 8,5 - 27,6 mol N/m² komen goed overeen met eerder gepubliceerde waarden over stikstofafvoer bij plaggen van droge heide (16,3 mol N/m²) in Duitsland (Hardtle e.a. 2009) en berekeningen aan de hand van stikstofgehalte in de bodem en bovenstaande biomassa en de daarmee samenhangende afvoer bij volledige verwijdering (18,1 mol N/m²) in Engeland (Pilkington e.a. 2005).

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Plaggen 10 cm (arme bodem - rijke bodem)	85-276	#
Plaggen 15 cm (arme bodem - rijke bodem)	125-381	#
Chopperen (arme bodem - rijke bodem)	51-109	#

(op basis van berekeningen aan de hand van kentallen uit vergelijkbaar habitat)

Maatregel: *Verwijdering exoten en verwijdering bos/struweel (Kennemerland-Zuid) en Intensiveren onthouting (verwijderen struweel) (Noordhollands Duinreservaat). Hierna genoemd: Onthouting en verwijdering struwelen.*

Door natuurlijke successie ontwikkelt dit habitatype zich uiteindelijk tot duinbos met als eerste boomsoorten vooral Amerikaanse vogelkers en Drents krentenboompje. De stikstofeffecten door verwijdering van struwelen met Amerikaanse vogelkers zijn reeds berekend voor het habitat grijze duinen. Bij deze berekening werd uitgegaan van bovengrondse verwijdering en aangezien deze maatregel wat betreft uitvoering en soorten dezelfde is wordt verwezen naar de berekening aldaar (blz. 7).

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Onthouting en verwijdering struwelen (laag %N - hoog %N)	11-15	#

(op basis van berekeningen aan de hand van kentallen uit vergelijkbaar habitat)

Maatregel: *Spragelen (Kennemerland-Zuid).*

Spragelen is het fijn klepelen van de vegetatie en het daarna afvoeren van het geklepelde materiaal. Deze maatregel beoogt de struweelvorming en verhouting tegen te gaan. Bij klepelen wordt de vegetatie in stukken gehakt door de klepels en in geval van een maai-zuigcombinatie kan een groot deel van het fijngehakte materiaal worden afgevoerd. De hoogte van de klepelmaaier is instelbaar maar men moet uitgaan van slechts een verwijdering van de bovengrondse biomassa van ongeveer 80%.

Het stikstofpercentage in bovengrondse biomassa van Struikhei is ongeveer (0,99-1,71) (Monni e.a. 2001; Britton en Fisher 2007). De hoeveelheid stikstof van droge duinheide is vergelijkbaar met die van binnenlandse droge heiden (*Calluna* heide) en ligt tussen de 0,57 -2,57 mol N/m² (Chapman 1967; Chapman 1970; Miller en Miles 1970; Niemeyer e.a. 2007; Kopittke, Tietema e.a. 2013). Dit betekent dat bij Spragelen er ongeveer 4,5-20,5 kmolN ha/jaar wordt afgevoerd. Hergroei van de vegetatie tot een verhoutte heide is langzaam en bij jaarlijkse herhaling zal de stikstofafvoer aanzienlijk minder zijn (slechts een paar procent van de eerste uitvoer (ongeveer 0,05 - 0,5 kmol N/ha)).

Effecten op de stikstofbalans

<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Spragelen	4,5-20,5	##

Maatregel: Begrazing (Kennemerland-Zuid)

Begrazing wordt, zoals eerder besproken, vaak toegepast als maatregel om de natuurlijk successie van het ecosysteem te fixeren in een stadium met een korte, soortenrijke vegetatie. Begrazing kan ook worden ingezet als maatregel tegen de verruiging van een habitat met snel groeiende, vaak woekerende soorten. De vegetatiesamenstelling van de duinheide is sterk afhankelijk van met name de hoeveelheid voedingsstoffen die aanwezig is in deze bodem. Hier geldt dat oudere bodems veelal een hoger organische stofgehalte hebben en een dikkere organische laag. Op deze oudere bodems kunnen snelgroeiende planten als zandzegge en Amerikaanse vogelkers gaan woekeren en andere soorten wegconcurreren. Begrazing met schapen (drukbegrazing of geleide begrazing) kan deze verruiging stoppen.

Drukbegrazing van verruigde vegetatie met zandzegge en jonge opslag van Amerikaanse vogelkers kan zorgen voor een bijna volledige afname in de biomassa (70-80%). Begrazing van dit habitat met een hoge abundantie aan heidestruiken en/of oude opslag van Amerikaanse vogelkers leidt niet tot een grote afname in biomassa. Hogere percentages afvoer worden bewerkstelligd door schapen overnacht in stallen te houden waardoor uitwerpselen niet in het ecosysteem terecht komen. Bij intensieve begrazing (drukbegrazing) wordt ongeveer 70% van de bovengrondse biomassa geconsumeerd. Extensievere begrazing leidt tot een afname van ongeveer 35%. De stikstofafvoer is ongeveer 60% bij het op stal houden van de grazers (schapen). Aangenomen mag worden dat bij veel houtopslag slechts een gering deel van de vegetatie wordt weggegeten en de afvoer ook minder is dan in een Struikheide. In de berekening is rekening gehouden met een afvoer van 10% in vegetatie met veel houtopslag en extensieve begrazing (ter vergelijking, bij Struikheide wordt 20% afgevoerd bij extensieve begrazing (Terry e.a. 2004) en een afvoer van 30% bij intensieve (druk) begrazing. Naast de afvoer van houtachtige gewassen is er ook de afvoer van grassen en verruigende kruidachtige soorten in de ondergroei. De afvoer in biomassa van dit deel van de vegetatie is conform de afvoer zoals gegeven voor de grijze duinen. In de berekening wordt verder uitgegaan van een verhouding van 90% hout en 10% grassen in vegetatie met veel houtopslag. In vergraste heide is deze verhouding 10% hout, 90% gras. Gegeven een bovengrondse biomassa van 2000 g/m² (voor dominantie struikheide en Amerikaanse vogelkers met een gemiddelde stikstofpercentage van 1,1%) (Chapman 1967; Green 1972; Hardtle, Von Oheimb e.a. 2009; Kopittke, Tietema e.a. 2013) en 604 g/m² (voor een vergraste situatie) (Kooijman en Besse 2002) zal drukbegrazing leiden tot een afname in biomassa van ongeveer 680 g/m² voor een ernstig verruigde situatie met veel houtopslag en 399 g/m² voor een vergraste situatie. Bij extensieve begrazing is dit respectievelijk 250 en 196 g/m². Bij het op stal houden van schapen (en dus een afvoerefficiëntie van 60%) wordt dan tussen de 920-3188 mol N/ha/jaar afgevoerd. Drukbegrazing wordt uitgevoerd totdat het gewenste effect is bereikt, daarna wordt vaak overgegaan op reguliere begrazing. Drukbegrazing in het tweede jaar na de start van deze maatregel zal doorgaans minder stikstof afvoeren omdat met name de verhoutende soorten niet terugkomen. Deskundigenoordeel: in het 2^e jaar wordt ongeveer 60% van de stikstofafvoer van het eerste jaar afgevoerd.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Extensieve begrazing (vergrast)	0,9	(#)
Drukbe­grazing (vergrast)	1,9	(#)
Extensieve begrazing (hout)	1,1	(#)
Drukbe­grazing (hout)	3,2	(#)

(op basis van literatuur en schattingen biomassa en afvoer door begrazers. Waarde geeft de afvoer voor een 1 jaar bij begrazing door schapen en het op stal houden van de schapen. De variatie in eetgedrag tussen begrazers en zelfs tussen schapenrassen geeft slechts een redelijke betrouwbaarheid voor deze berekening)

3.5 Habitattype H2180 (Duinbossen)

Beschrijving

Natura 2000 habitattype 2180 omvat half-natuurlijke (aangeplante) en natuurlijke loofbossen in de duinen met vaak een goed ontwikkelde structuur en soortensamenstelling. De bossen komen met name voor in duinvalleien en aan de binnenduinrand van het duinlandschap. Dit habitat is onder te verdelen in 3 habitat(sub)typen: H2180A (Duinbossen droog), H2180B (Duinbossen vochtig) en H2180C (Duinbossen binnenduinrand). Tot het subtype H2180A (droge duinbossen) behoren de duinbossen van de meest voedselarme en droge standplaatsen. Dominante boomsoorten van dit droge type zijn Berk, Zomer Eik en Beuk. Het habitatsubtype H2180B karakteriseert zich door vochtige standplaatsen in duinvalleien. Hier ontstaan door natuurlijke successie bossen van Zachte berk en éénstijlige Meidoorn (*Crataegus monogyna*). Plaatselijk kan ook de Ratelpopulier een belangrijke rol spelen. Het subtype 2180C wordt gekenmerkt door een standplaats op vaak niet ontkalkte bodem. Deze bossen zijn vaak half-natuurlijk en aangelegd als parkbos of onderdeel van een landgoed. De bodem is vaak goed gedraineerd en rijk aan basen (door historisch gebruik) waardoor deze wat betreft voedselrijkdom vaak tussen type A en B in zit.

Stikstofdepositie

Er is weinig onderzoek verricht naar de effecten van stikstofdepositie op duinbossen (Bobbink en Hettelingh 2011). Er wordt voor de effecten van additioneel stikstofinput via de atmosfeer gekeken naar vergelijkbare binnenlandse vegetaties (Tyler 1987). Voor droge Eiken-Berkenbossen of Beuken-Eiken bossen is hierbij uitgegaan van de maximale waarden van een zuur eikenbossen habitat (met een range van 714-1071 mol N/ha/jaar). De KDW die hiervoor aangehouden wordt is daarom 1071 mol N/ha/jaar (=15 kg N/ha/jaar). Meerdere malen is aangetoond dat een toename van stikstof in bossen als gevolg van atmosferische input resulteert in een toename van nitrofiële soorten in de ondergroei, zoals brede stekelvaren, bochtige smele, braam en grote brandnetel. Deze toename wordt ook in Kennemerland-Zuid waargenomen. Door een gebrekkige buffering zijn deze bodems gevoelig voor verzuring.

De vochtige duinbossen zijn voedselrijker en de vegetatie wordt bepaald door lokale hydrologie. Het is aannemelijk te denken dat deze bossen door de van nature grotere voedselrijkdom minder gevoelig zijn voor vermisting door stikstof dan het droge subtype. De KDW voor vochtige duinbossen is door Van Dobben e.a. (2012) berekend op 2214 mol N ha/jaar. Overschrijding van de KDW voor stikstofdepositie speelt in slechts een klein areaal (0,6 ha) van Kennemerland-Zuid, namelijk in Duin en Kruidberg, nabij IJmuiden.

Voor Binnenduinrandbossen is een kritische depositiewaarde geformuleerd van 1786 mol N/ha/jaar (=25 kg N/ha/jaar) (van Dobben, Bobbink e.a. 2012). Licht gebufferde systemen (systemen met een redelijke hoeveelheid kalk in de bodem) herbergen een vegetatie die afhankelijk is van een hoge beschikbaarheid aan basische kationen als Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^+ . Verzurende processen zorgen echter voor een sterke uitspoeling van deze basische kationen. Gezien de redelijke voedselrijkdom in de bodem van dit subtype en de lichte buffering van de bodem (aanwezigheid van beperkte hoeveelheid kalk) is het risico van verzuring bij overschrijding van de KDW in Binnenduinrandbossen groot.

Voorkomen

Habitat(sub)type H2180A (droge duinbossen) met een overschrijding van de KDW wordt in zowel Kennemerland-Zuid als in het Noordhollands Duinreservaat waargenomen. In beide gebieden betreft het hier voornamelijk het Eiken-berken bos. Het habitat(sub)type H2180B (vochtige duinbossen)

komt voor in Kennemerland-Zuid. Het subtype H2180C (duinbossen van binnenduinrand) komt voor in zowel Kennemerland-Zuid als in het Noordhollands Duinreservaat.

Maatregelen

De maatregelen die in aanmerking komen binnen deze habitat(sub)typen zijn:

Voor Kennemerland-Zuid:

- Verwijderen exoten, naaldbomen en habitatvreemde soorten (H2180A)
- Verwijderen exoten en habitatvreemde soorten (H2180B, H2180C)
- Begrazing (H2180A, H2180C)
- Bevorderen boomsoorten met kalkrijk strooisel (H2180C)

Voor het Noordhollands Duinreservaat:

- Aanleg struweelzoom (H2180A, H2180C)
- Verwijderen exoten en habitatvreemde soorten (H2180A)
- Uitbreiding begrazing Bergerbos en duinen Heemskerk (H2180C)

Maatregel: Verwijdering exoten, (naaldbomen) en habitatvreemde soorten (Kennemerland-Zuid)

Door de grote opmars van vooral Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) en Ratelpopulier (*Populus tremula*) komen deze exoot en habitatvreemde soort veelvuldig voor in het droge subtype. Naast Amerikaanse vogelkers is ook Braam (*Rubus fruticosus*) in opmars. Deze soort is een liefhebber van stikstof en verruiging door braam kan een teken zijn van verhoogde stikstofbeschikbaarheid in de bodem. De effecten van verwijdering van struwelen met Amerikaanse vogelkers op de stikstofbalans zijn al berekend voor het habitat grijze duinen. Bij deze berekening werd uitgegaan van bovengrondse verwijdering en aangezien deze maatregel wat betreft uitvoering en soorten dezelfde is wordt verwezen naar de berekening aldaar (blz. 7). In habitat(sub)type B en C zijn relatief meer voedingsstoffen beschikbaar dan in habitat(sub)type A. Hierdoor zullen stikstofpercentages in de vegetatie hoger zijn in. Voor H2180A wordt derhalve de onderkant van de range gehanteerd en voor H2180B en H2180C wordt de bovenkant van de range gehanteerd.

De verwijdering van dennen wordt als maatregel vermeld voor het droge habitat(sub)type in het Noordhollands duinreservaat. Verwijdering van grove den en dennenopslag betekent doorgaans een verwijdering van veel biomassa. Oudere dennen bevatten meer stikstof door de hogere biomassa. Stikstof in bovengrondse biomassa in dennenbossen kan oplopen van 1,64 tot 2,86 mol N/m² (De Kovel e.a. 2000; Merilä e.a. 2014). Dit betekent dat bij volledige verwijdering er tussen de 16400 en 28500 mol N/ha van de vastgelegde stikstof uit het systeem wordt verwijderd.

Naast een direct effect op de afvoer zal een vermindering van dennenbos ten gunste van een vermeerdering van struwelen, lage begroeiing en loofbos ervoor zorgdragen dat minder stikstof wordt ingevangen in het systeem (Wuyts e.a. 2008; Wuyts e.a. 2009). De invang van stikstof in loofbos ten opzichte van dennenbos kan, door de aanwezigheid van een andere structuur van het ecosysteem, met ongeveer 50% afnemen. Dit is echter sterk afhankelijk van structuur en leeftijd van de vegetatie.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Verwijdering exoten en habitatvreemde soorten (H2180A)	11-13	#
Verwijdering naaldbomen/naaldbos (H2180A)	16-29	#
Verwijdering exoten en habitatvreemde soorten (H2180B+C)	13-15	#

(op basis van berekeningen aan de hand van kentallen uit vergelijkbaar habitat)

Maatregel: Begrazing (Kennemerland-Zuid) en Uitbreiding begrazing Bergerbos en duinen Heemskerk (Noordhollands Duinreservaat)

Begrazing is voor habitatype H2180A een geschikte PAS-herstelmaatregel om vergrassing en verruiging tegen te gaan. Met name verruiging door braam, jonge dennenopslag en grassen wordt door drukbegrazing aangepakt. Voor een bruikbare berekening verwijzen we naar de berekening als onder het habitat type H2150, begrazing in duinheiden met struikheide. Het habitat(sub)type H2180C wordt doorgaans op een voedselrijkere bodem aangetroffen. De verruiging zal daardoor hoger zijn dan die van habitat(sub)type H2180A. Geschat wordt dat de biomassa in habitat(sub)type H2180C ongeveer 10% hoger is. De berekende waarden zijn daarom 10% hoger dan die van H2180A. Begrazing in vervolgjaren (na het eerste jaar van uitvoer van de maatregel) zal resulteren in een geringere stikstofafvoer van ongeveer 60-75% van de afvoer van het eerste jaar (Verbeek e.a. 2006).

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (mol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Extensieve begrazing (vergrast) H2180A	0,9	(#)
Drukbegrazing (vergrast) H2180A	1,9	(#)
Extensieve begrazing (hout) H2180A	1,1	(#)
Drukbegrazing (hout) H2180A	3,2	(#)
Extensieve begrazing (vergrast) H2180C	1,0	(#)
Drukbegrazing (vergrast) H2180C	2,1	(#)
Extensieve begrazing (hout) H2180C	1,2	(#)
Drukbegrazing (hout) H2180C	3,5	(#)

(op basis van literatuur en schattingen biomassa en afvoer door begrazers. Waarde geeft de afvoer voor een 1 jaar bij begrazing door schapen en het op stal houden van de schapen. De variatie in eetgedrag tussen begrazers en zelfs tussen schapenrassen geeft slechts een redelijke betrouwbaarheid voor deze berekening)

Maatregel: Bevorderen boomsoorten met kalkrijk strooisel (Kennemerland-Zuid)

Deze maatregel is met name bedoelt om de kwaliteit van het habitatype te verbeteren. Op dit moment komen er in het subtype C in Kennemerland-Zuid weinig stinzenplanten voor en er treedt plaatselijk verruiging op van braam en haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*). Deze verruiging is kenmerkend voor een vermessing en verzuring in de bodem. Het bevorderen van de boomsoorten

iep, linde en esdoorn kan positieve effecten hebben op de strooisellaag (neutraliseren van strooisel pH) maar zal geen geschikte maatregel zijn voor een reductie van de hoeveelheid stikstof in het systeem. Een neutralisering van de strooisellaag kan eventueel de nitrificatie (de omzetting van ammonium naar nitraat) stimuleren. Hierdoor zou er een verhoogde nitraatuitspoeling (die op zich hoog is in duinzand) kunnen plaatsvinden waardoor het systeem stikstof verliest. Een kwantificering van dit effect is zonder onderzoeksgegevens niet mogelijk.

Maatregel: Aanleg struweelzoom (Noordhollands Duinreservaat)

Stikstof depositie is sterk afhankelijk van de structuur van het landschap. Met name de droge depositie wordt beïnvloed door de ruwheid van het landschap. Deze ruwheid wordt bepaald door het type vegetatie (bv gras t.o.v. bos), de hoogte en vorm van de vegetatie en de dichtheid van de planten in de vegetatie (Fowler e.a. 1989; Fowler e.a. 1990; Erisman en Heij 1991; Dragosits e.a. 2006). De depositie in bossen is zeer hoog aan de randen (de zomen) waar stikstof in gasvorm door turbulentie en werveling accumuleert en neerslaat op de vegetatie (Draaijers e.a. 1988; Draaijers e.a. 1989; Wuyts e.a. 2008).

De aanleg van een struweelzoom kan ervoor zorgen dat de invang van stikstof beperkt wordt (Wuyts, De Schrijver e.a. 2008; Wuyts e.a. 2009) waardoor stikstofdepositie met name in de zoom zelf gereduceerd wordt. Ook in duinbossen kan een struweelzoom aangelegd worden om stikstof uit de atmosfeer in te vangen alvorens deze in de duinbossen zelf (type A en C) wordt ingevangen. Volgens Wuyts et al 2008 is de invang van een zone rondom een bos erg afhankelijk van structuur, vorm, plantdichtheid en type stikstofdepositie (droog of nat, gereduceerd of geoxideerd). Wuyts toont aan dat graduele zomen de depositie in de boszomen (gemeten in doorval) kunnen reduceren met ongeveer 67%. In onderzoek van Dragosits e.a. (2006) worden zoomeffecten op depositiewaarden verder van de zoom (het natuurgebied in) onderzocht. Uit dit onderzoek blijkt dat volwassen struweelzomen (met onder andere *Pinus*) van 25m breed een reductie van de stikstofdepositie van ongeveer 8% bewerkstelligen (Dragosits, Theobald e.a. 2006). Bij een struweelzoombreedte van 50m wordt dit een reductie van ongeveer 12,5%. De reductie geldt met name voor de droge stikstofdepositie in het achterliggende natuurgebied. Deze reductie in stikstofdepositie is hoog in de eerste honderden meters achter de struweelzoom maar wordt geringer verder weg en is slechts 1% procent na 300 m (deze reductie is niet lineair, eerder exponentieel). De verhouding van droge en natte stikstofdepositie in het dungebied van IJmuiden ligt op ongeveer 40% nat en 60% droog (bron RIVM). De totale depositie is ongeveer 1250 mol N/ha waarvan dus 756 mol N/ha in droge vorm. Door aanleg van een struweelzoom kan deze droge depositie met 8% (= 60,5 mol N/ha) afnemen direct achter de aangelegde struweelzoom. In de eerste 100 meter van het aangrenzende, achtergelegen bos is de afname gemiddeld 6% (0,05kmol/ha/jr). in de zomen daarachter 100-200 meter en 200-300 meter is deze reductie respectievelijk 3 en 1,5% (0.02 en 0.01 kmolN/ha/jr). De reducties in stikstofdepositie voor de zomen 0-100m, 100-200m en 200-300m achter de struweelzoom zijn dan per strekkende km struweelzoom respectievelijk: 0,5 kmolN/jr, 0,2 kmolN/jr en 0,1 kmolN/jr. De natte depositie neemt niet af. Deze waarde is echter zeer afhankelijk van eerdergenoemde factoren en de richting van de wind. Daarnaast is de aanleg een langzaam proces waarbij in eerste instantie geen tot zeer weinig positieve effecten zullen worden waargenomen. Pas als de zomen van voldoende formaat zijn (ouderdom) zullen reducties in stikstofdepositie kunnen worden waargenomen.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>vermindering in stikstofdepositie (kmol/ha/jr voor een 25m brede struweelzoom)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Aanleg struweelzoom (25m)	0,05-0.01	#

(geschat op basis van onderzoek maar lokaal zeer afhankelijk van vorm, structuur, ouderdom en windrichting)

3.6 Habitatype H2190 (Vochtige duinvalleien)

Beschrijving

Het Natura 2000 habitatype H2190 wordt onderverdeeld in drie subtypen: H2190A Vochtige duinvalleien (open water), H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) en H2190C Vochtige duinvalleien (kalkarm). Vochtige duinvalleien kunnen op twee manieren ontstaan: primaire duinvalleien ontstaan doordat een strandvlakte door het ontstaan van een nieuwe duinenrij wordt afgesnoerd van de zee. Hierdoor ontstaat geleidelijk een zoetwaterlens, waardoor de nieuwe duinvallei verzoet en zich kenmerkende vegetatietypen van vochtige duinvalleien kunnen vestigen. Een secundaire duinvallei ontstaat wanneer een bestaand, reeds zoet, duin(complex) tot op het grondwater wordt uitgestoven.

Beschrijving H2190A

In een Vochtige duinvallei met open water zijn er in de duinvallei delen aanwezig waar het grondwater (nagenoeg) het hele jaar boven maaiveld staat, waardoor er een aquatische zone aanwezig is. Vaak treedt er in de zomer wel een waterstandsverlaging op, waardoor er ook sprake is van een oeverzone met semi-aquatische vegetatie. Duinwateren (H2190A) kunnen onderling sterk verschillen in watertype. In jonge primaire duinvalleien kunnen duinwateren nog een brak karakter hebben. In verzoete valleien verschillen duinwateren in hardheid, afhankelijk van de kalkrijkdom van het zand. In ontkalkte duinvalleien lijkt de vegetatie van duinwateren sterk op die van vennen in het binnenland. Ook in voedselrijkdom kunnen duinwateren van nature sterk verschillen, onder andere afhankelijk van de nutriëntenconcentratie in het kwelwater waarmee zij gevoed worden en van aanwezige vogelpopulaties. Door deze verschillen in watertypen zijn er ook verschillen in gevoeligheid voor stikstofdepositie.

Stikstofdepositie

Vochtige duinvalleien zijn gevoelig tot zeer gevoelig voor stikstofdepositie. Voor de oligotrofe tot mesotrofe variant van open water in vochtige duinvalleien (open water) (H2190A) is de kritische depositiewaarde vastgesteld op 1000 mol N/ha/jaar (14 kg N/ha/jaar). De oevers van duinplassen kunnen door stikstofdepositie verruigen waardoor karakteristieke vegetaties zoals die van het Dwergbiezenverbond kunnen verdwijnen. Het water zelf groeit onder invloed van een verhoogde stikstofdepositie sneller dicht (Brouwer e.a., 1996). Hierdoor hoopt zich meer organisch materiaal van plantaafval op de bodem op, wat weer een negatief effect heeft op de nutriëntenkringloop. Bij afbraak van dit materiaal, komt meer plantbeschikbaar stikstof en nitraat vrij en wordt koolzuur geproduceerd. Onder andere Bronmos kan door deze hogere CO₂-concentraties gaan domineren en isoetide soorten zoals Oeverkruid gaan verdringen (Brouwer e.a., 1996; Bellemakers e.a., 1993).

Voorkomen

Duinplassen (Vochtige duinvalleien (open water); H2190A) komen voor in het Noord-Hollands Duinreservaat en in Kennemerland-Zuid. In het Noord-Hollands Duinreservaat betreft het duinplassen met zacht water, omdat de duinplassen in het kalkarme noordelijke deel van het gebied liggen (Kiwa Water Research en EGG, 2007). Het habitatype beslaat hier ongeveer 51 ha. Over het gehele oppervlak van het habitatype wordt de kritische depositiewaarde overschreden door de huidige N-depositie (Haskoning, 2014). In Kennemerland-Zuid gaat het om ongeveer 117 ha, waarvan in 111 ha de kritische stikstofbelasting wordt overschreden. In beide gebieden gaat het voor een groot deel om infiltratieplassen voor drinkwaterwinning.

Maatregelen

Voor het herstel van Vochtige duinvalleien (open water) (H2190A) komen de volgende maatregelen, zoals beschreven in SmitsenKooijman (2012), in aanmerking:

Voor het **Noord-Hollands Duinreservaat**

- Baggeren duinmeren
- Stimulering nieuwvorming
- Afgraven bouwvoor in duinen bij Egmond

Voor **Kennemerland-Zuid**

- Baggeren duinmeren
- Stimulering nieuwvorming

Maatregel: Baggeren duinmeren (Noord-Hollands Duinreservaat, Kennemerland-Zuid)

In jonge duinmeren bestaat de bodem uit kaal zand. In de loop der jaren hoopt zich organisch materiaal afkomstig van resten van planten, algen en dieren op. Samen met zandig materiaal vormt dit een sliblaag. Onder invloed van een verhoogde N-depositie kan dit proces sneller verlopen, waardoor er sneller een dikke sliblaag ontstaat en karakteristieke soorten van jongere duinplassen verdwijnen. Door dit slib weg te baggeren, wordt de bron die zorgt voor een hoge beschikbaarheid van stikstof, fosfor en koolstof weggenomen, waardoor er weer soorten van voedselarme omstandigheden kunnen groeien. Doordat er na baggeren minder slibdeeltjes opwervelen, wordt de plas helderder, wat de groei van ondergedoken planten eveneens ten goede komt.

In de afgelopen decennia is veel ervaring opgedaan met het uitbaggeren in duinmeren. Daarbij is ook gebleken dat herhaling van de maatregel pas nodig en goed is na 20-30 jaar. In het kader van Effectgerichte Maatregelen (EGM) is in 1990-1991 een groot aantal duinplassen op Terschelling en Voorne uitgebaggerd en de jaren daarna gevolgd (o.a. Cals e.a. (red), 1992; Bellemakers e.a., 1993; De Wit, 1994; Brouwer e.a., 1996; Brouwer e.a., 2009). Helaas zijn er voornamelijk gegevens van de onderwaterbodems na baggeren bekend, waardoor er niet direct uit literatuur te halen is hoeveel stikstof er met deze maatregel precies is verwijderd. In binnenlandse vennen is meer gemeten bij restauratie. In duinmeren en vennen kan zich een sliblaag vormen van enkele decimeters dikte (De Wit, 1994; Bellemakers, 1990). Van het Padvinderven (Noord-Brabant) is bekend dat deze sliblaag 13% organische stof bevatte en een stikstofconcentratie van 250 mmol/l slib had. In dit ven is 4000 m³ uitgebaggerd. Het ven zelf was 2,5 ha groot. Met het baggeren werd dus 400 *10³ mol/ha afgevoerd. Uit een onderzoek naar de slibkwaliteit van een groot aantal verschillende typen wateren in Nederland (Poelen e.a., 2011) blijkt dat, als er slib aanwezig is, dit een stikstofconcentratie tussen circa 20 en 430 mmol N/l slib heeft. Uitgaand van een sliblaag van 20 cm dikte, geeft baggeren van deze wateren een stikstofafvoer van 40-860 *10³ mol/ha.

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)	Betrouwbaarheid (#)
Baggeren	40-860	(#)

Maatregel: Stimulering nieuwvorming (Noord-Hollands Duinreservaat, Kennemerland-Zuid)

Het stimuleren van de vorming van duinplassen is een maatregel die niet in eerste instantie gericht is op het verwijderen van nutriënten. Nieuwe duinplassen ontstaan door het afgraven van duin tot onder de grondwaterspiegel, door stimuleren van verstuiwing of door hydrologische maatregelen waardoor de grondwaterspiegel zodanig stijgt dat er in duinvalleien permanent water boven

maaiveld blijft staan. Omdat het bij deze maatregel onduidelijk is wat er concreet wordt gedaan en wat de karakteristieken zijn van de locaties waar de maatregel uitgevoerd gaat worden, worden geen inschattingen gegeven van de mogelijke stikstofafvoer.

Maatregel: Afgraven bouwvoor (Noord-Hollands Duinreservaat)

Bij het omvormen van landbouwgrond naar natuur is het belangrijk de nutriëntenrijke bouwvoor af te graven. Bij Egmond-Binnen liggen er momenteel al plannen om een aantal percelen om te vormen. Deze percelen zijn nu in gebruik voor de bollenteelt, als akker of als weidegrond (Daemen, 2008). De percelen die voor de bollenteelt in gebruik zijn, hebben de dikste bouwvoor, 60-90 cm (Daemen, 2008). Zover bekend is er geen onderzoek uitgevoerd naar de nutriëntenrijkdom van deze percelen. Uit onderzoek aan een bollenveld en een voormalig bollenveld op Texel blijkt dat de bouwvoor daar slechts een klein percentage organische stof bevatte (circa 2% organische stof) (Loeb, 2012). Als we er vanuit gaan dat dit organisch materiaal een C/N-verhouding tussen 10 en 15 heeft, dat het organisch materiaal voor de helft uit koolstof bestaat en dat de bodem een bij dit organische stofgehalte een dichtheid heeft van 1,2 kg/l, zou de verwijdering van stikstof in de organische stof tussen circa 340 en 770 *10³ mol N/ha bedragen. Intensieve agrarische percelen worden ook met anorganische stikstof bemest (kunstmest). In het onderzochte bollenteeltperceel op Texel was de concentratie anorganisch stikstof (ammonium+nitraat) ongeveer 2 mmol/l bodem. Dit betekent dat een dergelijke bouwvoor ongeveer 10-20 *10³ mol anorganische N zou bevatten. Nattere plekken in de duinen worden eerder als weiland gebruikt. De bouwvoor is dan meestal minder dik, in de binnenduinrand van Egmond-Binnen ongeveer 30 cm (Daemen, 2008). Meestal bevat deze dan wel meer organische stof. Uitgaand van een organische stofpercentage van 4% gemiddeld over deze diepte een C:N-verhouding van 15, en een dichtheid van ongeveer 1,0 g/l, komt dit op een verwijdering van ongeveer 285 *10³ mol N/ha.

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)	Betrouwbaarheid (#)
Verwijderen bouwvoor agrarische grond	285-780	(#)

Beschrijving H2190B

Het type H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) wordt gekenmerkt door vegetatietypen van gebufferde omstandigheden. Deze omstandigheden komen niet alleen voor in het Renodunaal District ten zuiden van Bergen, waar de duinen worden gekenmerkt door kalkrijk zand, maar ook in het kalkarme Waddendistrict op duinzand dat nog geheel ontkalkt is of in duinvalleien waarin kwel met bicarbonaatrijk water optreedt. De associatie van Noordse rus en Knopbies is binnen dit type de meest soortenrijke associatie, waarbinnen ook nog eens de meeste Rode Lijstsoorten voorkomen. Aan dit type vegetatie zijn daarom de meeste onderzoeken verricht.

Stikstofdepositie

De kritische depositiewaarde voor kalkrijke vochtige duinvalleien is vastgesteld op 1429 mol N/ha/jaar. De vegetatietypen die onder het habitatype H2190B vallen, betreffen vrij jonge vegetaties in de successie van kaal zand naar oude duinvallei. In de bodem is de opbouw van een organische laag (A-horizont) het meest typerend voor deze successie (o.a. Ernst ea, 1996; Grootjans e.a., 1995). Deze laag groeit in circa 80 jaar tot een dikte van meer dan 15 cm (Grootjans e.a., 1995). Niet alleen de dikte van de organische laag, maar ook het percentage van de organische stof in deze laag neemt tijdens de successie toe (Loeb, 2000). Het aantal Rode Lijstsoorten in Vochtige

duinvalleien hangt samen met het organische gehalte. Boven een organische stofgehalte van meer dan 10% komen dit soort vegetatietypen nauwelijks meer voor (Grootjans e.a., 1995). Een verhoogde atmosferische stikstofdepositie kan leiden tot verzuring van het type en tot een snellere ophoping van organische stof in de bodem, waardoor de successie sneller zal verlopen. Naast de directe effecten op het habitatype, speelt ook het effect op omliggende infiltratiegebieden. Als hier de vegetatie sneller gaat groeien, verdampt deze vegetatie meer water, waardoor de vochtige duinvalleien waarin kwel optrad, verdrogen (Grootjans ea, 2012).

Voorkomen

Kalkrijke vochtige duinvalleien komen voor in Kennemerland-Zuid en het Noordhollands Duinreservaat. In Kennemerland-Zuid betreft het 75 ha, waarvan in ongeveer 6 ha de kritische depositiewaarde wordt overschreden door de huidige depositie. In het Noordhollands Duinreservaat betreft het 38 ha, waarvan overschrijding plaatsvindt in ongeveer 9 ha.

Maatregelen

De volgende maatregelen komen voor dit habitatype in aanmerking:

Voor het **Noord-Hollands Duinreservaat**

- Verwijderen opslag bomen en struweel dmv periodiek maaien
- Bij uitblijven nieuwvorming kleinschalig plaggen t.b.v. pioniers (eenmalig)

Voor **Kennemerland-Zuid**

- Begrazen (drukbegrazing)
- Waar nodig af en toe maaien/onthouten

Maatregel: Begrazen (Kennemerland-Zuid)

Door begrazen wordt de vegetatie laag gehouden, waardoor er meer licht beschikbaar komt voor kleinere soorten. Ook wordt een klein deel van de nutriënten verwijderd. De verwijdering is geringer dan bij maaien, omdat een groot deel van de weggegeten nutriënten via uitwerpselen weer in de bodem terecht komen. Begrazing kan een effectieve maatregel zijn in vergraste duinvalleien, maar is geen goede onderhoudsmaatregel voor goed ontwikkelde, soortenrijke kalkrijke vochtige duinvalleien. Veel kwetsbare Rode Lijstsoorten, zoals orchideeën, kunnen niet tegen begrazing. Ook kan te intensieve begrazing schade veroorzaken aan natte bodems (Boorman, 1989). De afvoer van stikstof uit het systeem door grote grazers (paarden) is gering tot niet significant (Plassmann, Edwards-Jones e.a. 2009). In vochtige duinvalleien is weinig onderzoek gedaan naar de afvoer van stikstof via begrazing. De afvoer van stikstof uit kalkgraslanden door schapen is onderzocht en is ongeveer 500 mmol N/ha bij een gemiddelde extensieve begrazing (Wells 1969). Dit komt overeen met ongeveer 20% van de bovengrondse biomassa. Runhaar en Gorree geven afvoer schattingen van stikstof door intensieve begrazing van 40% (Gorree en Runhaar 1992). Hogere percentages afvoer worden bewerkstelligd door schapen overnacht in stallen te houden waardoor uitwerpselen niet in het ecosysteem terecht komen. De bovengrondse biomassa (Knopbiesassociatie) in kalkrijke vochtige duinvalleien varieert van ongeveer $4,5 \cdot 10^3$ tot $16 \cdot 10^3$ kg/ha, waarin $3,2 \cdot 10^3$ tot $12 \cdot 10^3$ mol N/ha is opgeslagen (Ernst e.a., 1996; Loeb, 2000). Permanente drukbegrazing leidt dus tot een afvoer van $1,3$ tot $4,8 \cdot 10^3$ mol N/ha. Omdat begrazing vooral in vergraste, ruigere delen zal worden ingezet, zal de afvoer waarschijnlijk in het hoge deel van dit bereik liggen. Begrazing in vervolgjaren (na het eerste jaar van uitvoer van de maatregel) zal resulteren in een geringere stikstofafvoer van ongeveer 60-75% van de afvoer van het eerste jaar (Verbeek e.a. 2006).

Effecten op de stikstofbalans

<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Drukbegrazing	1,3-4,8	#

(Biomassa op basis van literatuur en schattingen afvoer door begrazers in andere systemen. De variatie in eetgedrag tussen begrazers en zelfs tussen schapenrassen geeft slechts een redelijke betrouwbaarheid voor deze berekening)

Maatregel: Waar nodig af en toe maaien/onthouten (Kennemerland-Zuid) Hierna genoemd: *incidenteel maaien en afvoeren*

Maaien in combinatie met afvoer van het maaisel is een effectieve maatregel om nutriënten, met name stikstof en kalium, uit het systeem te verwijderen. Maaien is een geschikte maatregel voor vergraste duinvalleien. In goedontwikkelde Knopbiesassociaties wordt maaien minder vaak toegepast. Een van de weinige plekken waar deze vegetatie frequent gemaaid wordt, zijn de Kroonspolders op Vlieland. Bij maaien en afvoer blijkt 100% afvoer van de bovengrondse biomassa niet haalbaar omdat er altijd stoppels en materiaal achterblijft. 80% afvoer is reëel (Gorree en Runhaar 1992). De bovengrondse biomassa (Knopbiesassociatie) in kalkrijke vochtige duinvalleien varieert van ongeveer $4,5 \cdot 10^3$ tot $16 \cdot 10^3$ kg/ha, waarin $3,2 \cdot 10^3$ tot $12 \cdot 10^3$ mol N/ha is opgeslagen (Ernst e.a., 1996; Loeb, 2000). Incidenteel maaien van een niet-houtige vegetatie leidt dus tot een stikstofafvoer van 2,6 tot $10 \cdot 10^3$ mol N/ha. Als deze maatregel elk jaar of vaker herhaalt zou worden, zou de afvoer lager zijn (inschatting 25-75%), maar als dit zoals gepland eens in de 5 jaar plaatsvindt, kan ongeveer eenzelfde afvoer verwacht worden als bij een incidentele maatregel.

Effecten op de stikstofbalans

<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Incidenteel maaien en afvoeren	2,6-10	##

Maatregel: Verwijderen opslag bomen en struweel dmv periodiek maaien (Noordhollands Duinreservaat). Hierna genoemd: *Onthouten maaien opslag*

In natte duinvalleien vestigen zich tijdens de successie struiken (Kruipwilg, Grauwe wilg, Duindoorn) of bomen. Als deze struikjes en bomen groter worden, nemen zij het licht weg voor de gewenste lagere vegetatie. De versnelde successie door verhoogde stikstofdepositie kan voor een deel worden teruggedrukt door het verwijderen van struiken en bomen. Deze maatregel is er niet in eerste instantie op gericht om stikstof af te voeren, maar is gericht op het tegengaan van verhouding. Door het afvoeren wordt er natuurlijk wel ook wat stikstof verwijderd. Hoeveel stikstof er verwijderd wordt, is afhankelijk van hoeveel struiken en kleine bomen zich in het terrein bevinden. In de duinen van Oostvoorne bedekken dwergstruiken (voornamelijk Kruipwilg) volgens Van der Maarel e.a. (1985) tussen 10 en 30% van het oppervlak in vochtige duinvalleien waarin een echte struiklaag aanwezig was met struiken lager dan 30 cm. Deze valleien werden jaarlijks gemaaid. In vegetaties met een dichte struiklaag, zoals de Associatie van Wintergroen en Kruipwilg is de bedekking met struiken vanzelfsprekend hoger (50-100%) (Loeb, 2000). Als we uitgaan van een bedekking van 10-30% met houtige soorten in verhoude duinvalleien met gemeenschappen die tot het habitattypen behoren, zal de biomassa van deze houtige soorten een relatief grote aandeel in de totale biomassa hebben, omdat deze soorten hoger zijn. In doelvegetaties met weinig of geen struiken is de bovengrondse biomassa ongeveer $4,5$ tot $16 \cdot 10^3$ kg/ha (Ernst e.a., 1996; Loeb, 2000). De biomassa

van een dichte Kruiwilgvegetatie (Associatie van Wintergroen en Kruiwilg) ligt tussen 7 en 12 *10³ kg/ha. De biomassa van houtige vegetatie met 10-30% bedekking ligt in Vochtige duinvalleien naar schatting tussen circa 0,5 en 10 *10³ kg/ha. Het stikstofgehalte van houtige planten ligt gemiddeld lager dan van kruiden en grassen. Houtachtigen zoals Kraaihei en Amerikaanse kers hebben een stikstofpercentage van ongeveer 1,5-1,8% (Burton en Bazzaz 1995; Olofsson en Oksanen 2002) terwijl de stikstoffixerende duindoorn een relatief hoog percentage van 3,5% heeft (Domenach, Moiroud e.a. 1994). De afvoer van stikstof met deze maatregel ligt dan tussen 500 en 2500 mol N/ha (50-100 g bovengrondse biomassa/m² met een stikstofgehalte tussen 1,5 en 3,5 procent). Dit is in lijn met de gemeten hoeveelheid stikstof in een dicht kruiwilgstruweel (50-100% bedekking van Kruiwilg), dat inclusief de kruidige ondergroei op 6000-7000 mol N/ha ligt (Loeb, 2000). Er zijn geen gegevens bekend over eventuele stikstofafvoer bij herhaling van de maatregel na bijvoorbeeld 5 en 10 jaar, maar dat zal naar inschatting een stuk minder zijn dan de hoeveelheid die de eerste keer is verwijderd (mogelijk 10-20% als deskundigenoordeel, zie ook blz. 7).

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)	Betrouwbaarheid
onthouten/maaien opslag	0,5-2,5	#

Maatregel: Plaggen (Noord-Hollands Duinreservaat)

Bij plaggen wordt de organische horizont (A-horizont) verwijderd om soorten van vroegere successiestadia weer een kans te geven. Meestal wordt daarbij de gehele A-horizont weggehaald en kan het ecologisch gezien pas na 20 - 30 jaar herhaald worden. Hierbij wordt het stikstof dat zich met name als organisch materiaal had opgehoopt, verwijderd en is de stikstofbeschikbaarheid in de nieuwe toplaag van de bodem laag. In kalkrijke vochtige duinvalleien is de pH van de nieuwe toplaag ook hoger, waardoor kalkminnende soorten zich beter kunnen vestigen. De dikte van de organische laag hangt af van de ouderdom van de duinvalleivegetatie. Binnen enkele jaren na de start van de successie is de A-horizont 1 tot 2 cm dik, oplopend tot ongeveer 10 cm in het Reggers Sandervlak in het Noordhollands Duinreservaat (Ernst et al, 1996) en in 76 jaar in een duinvallei op Terschelling (Berendse e.a., 1998) en tot circa 12 cm na 200 jaar in een duinvallei op Schiermonnikoog (Grootjans e.a., 1998). Bij herstelmaatregelen in de Mokslootvallei op Texel, waarbij de gehele A-horizont werd verwijderd, werd een laag van 10 tot 40 cm van de bodem afgeplagd (Grootjans e.a., 2001). De opbouw van de dikte van de organische laag verloopt eerst snel en vlakt daarna af (Ernst e.a., 1996; Berendse e.a., 1998; Grootjans e.a., 1998). Vegetatietypen die binnen de het habitatype kalkrijke vochtige duinvallei vallen en die al enigszins verruigd en verouderd zijn en daardoor in aanmerking zouden komen om te plaggen, hebben een leeftijd van ongeveer 25 tot 60 jaar (Ernst e.a., 1996; Lammerts et al, 1999) en een A-horizont van ongeveer 7 cm to 10 cm (Ernst e.a., 1996; Berendse e.a., 1998; Lammerts et al, 1999; Loeb, 2000). Behalve dat de organische horizont tijdens de successie dikker wordt, neemt ook het organische stofgehalte van de A-horizont toe, van ongeveer 1% na 5 jaar tot 10-20% in stadia ouder dan 30 jaar (Lammerts e.a., 1999; Loeb, 2000). Omdat organische stof lichter is dan zand en een groter porievolume heeft, neemt de dichtheid van de A-horizont hierdoor af van circa 1,2 kg/l bij circa 3% organische stof tot circa 0,6 kg/l bij 10% organische stof. De hoeveelheid stikstof opgeslagen in de A-horizont van verouderde vegetaties van kalkrijke vochtige duinvalleien varieert van ongeveer 40 tot 110 *10³ mol/ha (Ernst e.a., 1996; Lammerts e.a., 1999; Loeb, 2000). Deze accumulatie van stikstof is vergelijkbaar met die in nog brakke, primaire duinvalleien op Schiermonnikoog (32*10³ mol N/ha na

28 jaar successie, Olff e.a., 1993). Bij plaggen wordt niet alleen de A-horizont, maar ook de bovenstaande vegetatie geheel verwijderd. Bij een stikstofopslag van $3,2 \cdot 10^3$ tot $12 \cdot 10^3$ mol N/ha in de vegetatie (Ernst e.a., 1996; Loeb, 2000) leidt dit dus tot een afvoer tussen circa 43 en $122 \cdot 10^3$ mol N/ha.

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)	Betrouwbaarheid #
Plaggen	43-122	#

Beschrijving H2190C

Vochtige duinvalleien (ontkalkt) komen voor op plaatsen in de duinen die door regenwaterinvloed en het ontbreken van aanvoer van bufferende stoffen met kwel een lage pH hebben gekregen. Binnen het habitatype vallen alleen vroege successiestadia, meestal gedomineerd door kleine zegges (Zwarte zegge en Drienervige zegge) (Grootjans e.a., 2012).

Stikstofdepositie

De kritische depositiewaarde van dit habitatype, 1071 mol N/ha/jaar, is vooral toegespitst op de Associatie van Drienervige en Zwarte zegge. Net als in kalkrijke vochtige duinvalleien leidt een verhoogde stikstofdeposities tot een snellere ophoping van organisch materiaal in de bodem. Omdat het habitatype nauwelijks gebufferd is, verzuurt het type hierdoor snel. Door de hogere beschikbaarheid van stikstof kunnen snel groeiende, grote soorten zoals Kruidwilt eerder gaan domineren (Grootjans e.a., 2012).

Voorkomen

Rond IJmuiden komen ontkalkte vochtige duinvalleien slechts over een klein oppervlak voor: zowel in Kennemerland-Zuid als in het Noordhollands Duinreservaat met ongeveer 0,7 ha. Hiervan kent in Kennemerland-Zuid 0,7 ha een overschrijding van de kritische depositiewaarde en in het Noordhollands Duinreservaat 0,6 ha.

Maatregelen

Voor Kennemerland-Zuid

- Begrazen
- Waar nodig maaien/onthouten

Voor het Noordhollands Duinreservaat

- Verwijderen opslag bomen en struweel
- Bij uitblijven nieuwvorming kleinschalig plaggen

Maatregel: Begrazen (Kennemerland-Zuid)

Door begrazen wordt de vegetatie laag gehouden, waardoor er meer licht beschikbaar komt voor kleinere soorten. Ook wordt een klein deel van de nutriënten verwijderd. De verwijdering is geringer dan bij maaien, omdat een groot deel van de weggegeten nutriënten via uitwerpselen weer in de bodem terecht komen. Begrazing kan een effectieve maatregel zijn in vergraste duinvalleien, maar is geen goede onderhoudsmaatregel voor goedontwikkelde, soortenrijke kalkrijke vochtige duinvalleien. Veel kwetsbare Rode Lijstsoorten, zoals orchideeën, kunnen niet tegen begrazing. Ook

kan te intensieve begrazing schade veroorzaken aan natte bodems (Boorman, 1998). De afvoer van stikstof uit het systeem door grote grazers (paarden) is gering tot niet significant (Plassmann, Edwards-Jones e.a. 2009). In vochtige duinvalleien is weinig onderzoek gedaan naar de afvoer van stikstof via begrazing. De afvoer van stikstof uit kalkgraslanden door schapen is onderzocht en is ongeveer 500 mmol N/ha bij een gemiddelde extensieve begrazing (Wells 1969). Dit komt overeen met ongeveer 20% van de bovengrondse biomassa. Runhaar en Gorree geven afvoer schattingen van stikstof door intensieve begrazing van 40% (Gorree en Runhaar 1992). Bij extensieve begrazing is dit ongeveer 20% (Wells 1969). Aan ontkalkte vochtige duinvalleien is minder onderzoek gedaan dan aan kalkrijke vochtige duinvalleien. De bovengrondse biomassa van de Associatie van Drienervige en Zwarte zegge is lager dan van de meeste kenmerkende gemeenschappen van kalkrijke vochtige duinvalleien. Sival en Grootjans (1996) maten een bovengrondse biomassa van 0,26-0,3 kg/m² voor deze associatie in een jaarlijks gemaaide duinvallei Kapenglop op Schiermonnikoog. Een hoger gelegen vergraste locatie in deze vallei waarin alleen Pijpenstrootje stond, had een bovengrondse biomassa van 0,73 kg/m². Bij toename van grassen in de Associatie van Drienervige en Zwarte zegge, zal de biomassa dus iets hoger worden dan 0,26-0,3 kg/m². Het stikstofgehalte van de vegetatie werd in het onderzoek in Kapenglop niet gemeten, maar uitgaande van een stikstofgehalte tussen 0,5-1 mol N/kg (7-15 g/kg) in kalkrijke vochtige duinvalleien en in droge duingraslanden (Loeb, 2000; Kooijman en Smit, 2001; Kooijman en Besse, 2002) en een bovengrondse biomassa van 0,26 tot 0,50 kg/m² bevat de vegetatie tussen circa 1,3 en 5 *10³ mol N/ha. Bij extensieve begrazing wordt circa 20% hiervan verwijderd, bij intensieve begrazing ongeveer 40%. Begrazing in vervolgjaren (na het eerste jaar van uitvoer van de maatregel) zal resulteren in een geringere stikstofafvoer van ongeveer 60-75% van de afvoer van het eerste jaar (Verbeek e.a. 2006).

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Extensieve begrazing (<i>regulier beheer</i>)	0,26-1	#
Drukbegrazing	0,52-2	#

Maatregel: Incidenteel maaien en afvoeren (Kennemerland-Zuid)

Maaien in combinatie met afvoer van het maaisel is een effectieve maatregel om nutriënten, met name stikstof en kalium, uit het systeem te verwijderen. Maaien is een geschikte maatregel voor vergraste duinvalleien. Bij maaien en afvoer blijkt 100% afvoer van de bovengrondse biomassa niet haalbaar omdat er altijd stoppels en materiaal achterblijft. 80% afvoer is reëel (Gorree en Runhaar 1992). De bovengrondse biomassa van de Associatie van Drienervige en Zwarte zegge is lager dan van de meeste kenmerkende gemeenschappen van kalkrijke vochtige duinvalleien. Sival en Grootjans (1996) maten een bovengrondse biomassa van 0,26-0,3 kg/m² voor deze associatie in een jaarlijks gemaaide de duinvallei Kapenglop op Schiermonnikoog. Een hoger gelegen vergraste locatie in deze vallei waarin alleen Pijpenstrootje stond, had een bovengrondse biomassa van 0,73 kg/m². Bij toename van grassen in de Associatie van Drienervige en Zwarte zegge, zal de biomassa dus iets hoger worden dan 0,26-0,3 kg/m². Het stikstofgehalte van de vegetatie werd in het onderzoek in Kapenglop niet gemeten, maar uitgaande van een stikstofgehalte tussen 0,5-1 mol N/kg (7-15 g/kg) in kalkrijke vochtige duinvalleien en in droge duingraslanden (Loeb, 2000; Kooijman en Smit, 2001; Kooijman en Besse, 2002) en een bovengrondse biomassa van 0,26 tot 0,50 kg/m² bevat de vegetatie tussen circa 1,3 en 5 *10³ mol N/ha. Bij een afvoer van 80% hiervan wordt circa 1-4 *10³

mol N/ha verwijderd. Mocht deze maatregel na elke 5 jaar herhaald worden, dan is het een redelijke inschatting dat er per keer een zelfde hoeveelheid stikstof wordt verwijderd.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Maaien en afvoeren	1-4	##

Maatregel: Onthouten/opslag bomen en struweel verwijderen (Noordhollands Duinreservaat)

In natte duinvalleien vestigen zich tijdens de successie struiken (in ontcalcite valleien met name Kruiwilg) of bomen. Als deze struikjes en bomen groter worden, nemen zij het licht weg voor de gewenste lagere vegetatie. De versnelde successie door verhoogde stikstofdepositie kan voor een deel worden teruggedrukt door het verwijderen van struiken en bomen. Deze maatregel is er niet in eerste instantie op gericht om stikstof af te voeren, maar is gericht op het tegengaan van verhouting. Door het afvoeren wordt er natuurlijk wel enig stikstof verwijderd. Hoeveel stikstof er verwijderd wordt, is afhankelijk van hoeveel struiken en kleine bomen zich in het terrein bevinden. In de duinen van Oostvoorne bedekken dwergstruiken (voornamelijk Kruiwilg) tussen 10 en 30% van het oppervlak in vochtige duinvalleien waarin een echte struiklaag aanwezig was met struiken lager dan 30 cm (Van der Maarel e. a. 1985). Deze valleien werden jaarlijks gemaaid. In vegetaties met een dichte struiklaag, zoals de Associatie van Wintergroen en Kruiwilg is de bedekking met struiken vanzelfsprekend hoger (50-100%) (Loeb, 2000). Als we uitgaan van een bedekking van 10-30% met houtige soorten in verhoutte duinvalleien met gemeenschappen die tot het habitattypen behoren, zal de biomassa van deze houtige soorten een relatief grote aandeel in de totale biomassa hebben, omdat deze soorten hoger zijn. In doelvegetaties met weinig of geen struiken is de bovengrondse biomassa ongeveer 4,5 tot 16 *10³ kg/ha (Ernst e.a., 1996; Loeb, 2000). De biomassa van een dichte Kruiwilgvegetatie (Associatie van Wintergroen en Kruiwilg) ligt tussen 7 en 12 *10³ kg/ha. De biomassa van houtige vegetatie met 10-30% bedekking ligt in vochtige duinvalleien naar schatting tussen circa 0,5 en 10 *10³ kg/ha. Het stikstofgehalte van houtige planten ligt gemiddeld lager dan van kruiden en grassen. Houtachtigen zoals Kraaihei en Amerikaanse kers hebben een stikstofpercentage van ongeveer 1,5-1,8% (Burton en Bazzaz 1995; Olofsson en Oksanen 2002). Duindoorn, die door stikstoffixatie een hoger stikstofgehalte kan hebben, komt in ontcalcite, zure valleien niet voor. De afvoer van stikstof met deze maatregel ligt dan tussen 500 en 1300 mol N/ha. Dit is in lijn met de gemeten hoeveelheid stikstof in een dicht kruiwilgstruweel (50-100% bedekking van Kruiwilg), dat inclusief de kruidige ondergroei op 6000-7000 mol N/ha ligt (Loeb, 2000). Er zijn geen gegevens bekend over eventuele stikstofafvoer bij herhaling van de maatregel na bijvoorbeeld 5 en 10 jaar, maar dat zal naar inschatting een stuk minder zijn dan de hoeveelheid die de eerste keer is verwijderd (mogelijk 10-20% als deskundigenoordeel, zie ook blz. 7).

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
onthouten/verwijderen opslag	0,5-1,3	#

Maatregel: Plaggen (Noordhollands Duinreservaat)

Bij plaggen wordt de organische horizont (A-horizont) verwijderd om soorten van vroegere successiestadia weer een kans te geven. Meestal wordt daarbij de gehele A-horizont weggehaald, en de frequentie is groter dan 1x per 20 jaar. Hierbij wordt het stikstof dat zich met name als organisch materiaal had opgehoopt, verwijderd en is de stikstofbeschikbaarheid in de nieuwe toplaag van de bodem laag. De dikte van de organische laag hangt af van de ouderdom van de duinvalleivegetatie. De dikte van de A-horizont onder de Associatie van Drienerfse zeggen en Zwarte zegge in een vallei op Schiermonnikoog was 3 tot 9 cm dik en had een organische stofgehalte van 16-22%. De hoeveelheid stikstof in de A-horizont bedroeg tussen 38 en 160 *10³ mol N/ha. Bij plaggen wordt niet alleen de A-horizont, maar ook de bovenstaande vegetatie geheel verwijderd. Bij een stikstofopslag van circa 1,3 en 5 *10³ mol N/ha leidt dit dus tot een afvoer tussen circa 39 en 165 *10³ mol N/ha.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jaar)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Plaggen	39-165	##

3.7 Habitatrichtlijnsoort H1014 Nauwe korfslak

Beschrijving

De Nauwe korfslak (*Vertigo angustior*) is een klein slakje dat in het onderzoeksgebied voorkomt in habitatype H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk). De soort komt vooral voor bij Populierenbosjes, maar wordt ook aangetroffen op strooisel van Meidoorn, Liguster en Duindoorn (Profielendocument habitatrichtlijnsoorten, 2008).

Stikstofdepositie

De soort is gevoelig voor verzuuring van het habitatype en daarmee voor de eutrofiërende effecten van een verhoogde stikstofdepositie. De Nauwe korfslak is gebonden aan kalkrijke omstandigheden. In kalkrijke duinvalleien waarvan het zand niet meer kalkrijk is, maar die voor hun buffering afhankelijk zijn van de aanvoer van bicarbonaatrijk water, kan stikstofdepositie voor een versnelde verzuring zorgen. Dit kan ook negatief uitwerken voor de Nauwe korfslak.

Voorkomen

De Nauwe korfslak komt voor in Natura 2000 gebieden Kennemerland-Zuid en het Noordhollands Duinreservaat. Vanwege zijn grootte wordt de Nauwe korfslak snel over het hoofd gezien. Het is daarom niet precies bekend waar de soort voorkomt.

Maatregelen

Zowel in Kennemerland-Zuid als in het Noordhollands Duinreservaat zijn maatregelen vastgesteld voor het habitatype H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk). Voor de stikstofafvoer van deze maatregelen wordt verwezen naar dit habitatype. Aanvullend is geformuleerd dat er bij het uitvoeren van deze maatregelen rekening gehouden dient te worden met de Nauwe korfslak en dat in beeld gebracht moet worden waar deze voorkomt. In praktijk betekent dit, dat met name (populieren)bosjes in vochtige duinvalleien niet gekapt kunnen worden als geconstateerd wordt dat de soort er voorkomt.

3.8 Habitatrichtlijnsoort H1903 Groenknolorchis

Beschrijving

De Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) is een kleine groene orchidee die overwintert met een wortelknol. De soort komt voor in kalkrijke duinvaleien (H2190B), met name in de Associatie van Noordse rus en Knopbies, waar de soort een kensoort van is. Binnen deze associatie is de soort vooral te vinden in de jongere vegetaties waar er nog voldoende open plekken zijn. Bij verzuring en de opbouw van een dikke organische horizont verdwijnt de soort.

Stikstofdepositie

Groenknolorchis is gevoelig voor verzuiging en verzuring van het habitatype en is daarmee dus gevoelig voor een verhoogde stikstofdepositie.

Voorkomen

Groenknolorchis komt voor in de vochtige kalkrijke duinvaleien van Kennemerland-Zuid .

Maatregelen

Er zijn voor de Groenknolorchis geen aanvullende maatregelen geformuleerd. Voor de maatregelen wordt verwezen naar de maatregelen van habitatype H2190B Vochtige duinvaleien (kalkrijk).

3.9 Habitatype H4010B (Vochtige heiden, laagveengebied)

Beschrijving

Natura 2000 habitatype 4010B is een vochtige heidegemeenschap op zeer natte, voedselarme zure tot zwak zure veenbodem. Kenmerkend voor het habitasubtype B zijn de aanwezigheid van zuurminnende natte heide soorten (*Erica*). In de laagveengebieden vormt het subtype H4010B het eindstadium in de verlanding waarbij de accumulatie van organisch materiaal zorgt voor de afname van de invloed van baserijk grondwater. Hier blijft een voedselarm systeem achter dat voornamelijk door regenwater gevoed is en waar verzuring gemakkelijk kan optreden. Voormalige petgaten en diep gelegen bodems zijn vindplaatsen van dit habitat.

Stikstofdepositie

De kritische depositiewaarde voor dit habitatype is vastgesteld op 786 mol N/ha/jaar (= 11 kg N/ha/jaar) (van Dobben, Bobbink e.a. 2012). Een toename in stikstofbeschikbaarheid kan resulteren in een snellere groei en dominantie van ongewenste grassen zoals Pijpenstrootje in deze systemen en in natte heiden in het algemeen (Hogg e.a. 1995; Bobbink e.a. 2004). Door een hoge stikstofbelasting zijn deze systemen vaak fosfaat (co-)gelimiteerd. Een vermesting van fosfaten leidt daarmee direct tot verzuuring en vaak ook overmatige groei van mossen als bijvoorbeeld Gewoon haarmos. Dit voedselarme habitat wordt door de aanwezigheid van karakteristieke soorten en de geringe voedselbeschikbaarheid in een laag productief stadium van verlanding gehouden. Het wordt algemeen aangenomen dat de systemen zeer gevoelig zijn voor stikstofbelasting, getuige ook de lage KDW.

Voorkomen

Habitat(sub)type H4010B met een overschrijding van de KDW door de huidige depositie wordt aangetroffen in de Natura 2000-gebieden: Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld en Twiske, Westzaan en Wormer- Jisperveld en Kalverpolder.

Maatregelen

De maatregelen die in aanmerking komen binnen dit subtype zijn:

Voor **Westzaan**:

- Opslag verwijderen

Voor het **Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske**:

- Herfstmaaien in aangrenzend veenmosrietland (augustus-september)
- Opslag verwijderen

Voor het **Wormer- Jisperveld & Kalverpolder**:

- Herfstmaaien in aangrenzend veenmosrietland (augustus-september)
- Opslag verwijderen (incl. cranberry)
- Plagproef verwijderen Cranberry, 20 cm diep

Maatregel: Opslag verwijderen (Westzaan en het Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske) en opslag verwijderen (incl. cranberry) (Wormer- Jisperveld & Kalverpolder). Hierna genoemd: opslag verwijderen.

Afname van het oppervlakte vochtige Heiden op veen wordt voornamelijk veroorzaakt door uitbreiding van de exoot Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*). Daarnaast wordt dit vegetatietype bedreigd door de verbossing (successie) naar berkenbos. Verhoutende soorten als Braam (*Rubus fruticosus*), Appelbes (*Aronia prunifolia*) en Zachte berk (*Betula pubescens*) evenals de exoot Cranberry moeten worden verwijderd om de successie van dit habitat naar bos tegen te gaan. De

effecten van verwijdering van verhoutende soorten zijn al berekend voor het habitat grijze duinen en het habitat duinheiden. Bij deze berekening werd uitgegaan van bovengrondse verwijdering van deze soorten. De waarden van deze berekeningen gelden ook voor habitat H4010B. Deze maatregel zal bij de eerste uitvoer een groot deel van de verhoutende soorten verwijderen. Bij jaarlijkse uitvoer worden in vervolgjaren slechts de terugkerende soorten verwijderd. Aangezien over de snelheid van hergroei eigenlijk geen meetgegevens beschikbaar zijn, is het moeilijk een inschatting van deze extra stikstofafvoer te geven. Het is daarbij wel aannemelijk dat deze afvoer veel lager is dan die van de eerste ingreep, en mogelijk slechts 5% bedraagt (deskundigenoordeel; afvoer: 550 - 750 mol N/ha/jaar na de eerste uitvoer).

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)	Betrouwbaarheid
Opslag verwijderen (eerste uitvoer)	11-15	#

(op basis van berekeningen aan de hand van kentallen uit vergelijkbaar habitat en geldend voor de drie genoemde gebieden)

Maatregel: Plagproef verwijderen Cranberry, 20 cm diep (Wormer- Jisperveld & Kalverpolder).

De maatregel plaggen 20 cm waarbij Cranberry wordt verwijderd kan worden berekend aan de hand van de getallen voor stikstofverwijdering bij plaggen van een organische stof rijke natte duinvallei waarbij Cranberry als dominante vegetatie wordt verwijderd. Het stikstofpercentage van Cranberry (de complete plant) is niet verschillend van die van natte heide en ligt tussen 0,9 en 1,2% (Stribley en Read 1974) en daarom kunnen ook kentallen uit de natte heiden gebruikt worden. Een gemiddelde bovengrondse biomassa voor natte heiden wordt gegeven door Campioli e.a. 2009 en Berendse e.a. 1987 en eigen metingen van B-Ware (tussen 700 - 1400 g DW/m²). Cranberry komt echter niet voor in zulke hoeveelheden (biomassa) en schommelt tussen 40-1200 g/m² (Byrne en Mitchell 2004; Gerdol e.a. 2004). Met een gemiddeld stikstofpercentage van 1% geeft dit een afvoer (eenmalig) van 286 -8571 mol N/ha. De verwijdering van de bodem zal wat betreft stikstof overeenkomen met de verwijdering van bodem uit een natte duinvallei (verwijdering van 110kmol N/ha voor 10cm). Voor 20cm plaggen wordt ongeveer 220kmol N/ha verwijderd. In armere bodems wordt minder verwijderd (ongeveer 180 kmol N/ha). Inclusief de bovengrondse biomassa betekend dit dat er bij 20 cm plaggen tussen de 189 en 228kmol N/ha wordt verwijderd.

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)	Betrouwbaarheid
Plaggen 20 cm (verwijderen Cranberry, lage en hoge bedekking)	189-228	#

Maatregel: Herfstmaaien in aangrenzend veenmosrietland (augustus-september) (Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske en Wormer-Jisperveld & Kalverpolder)

Deze maatregel wordt geïmplementeerd ter uitbreiding van habitat H4010B gin aangrenzend en verruigd habitat H7140B Veenmosriet-land. Deze maatregel betreft dus het maaien van verruigd, aangrenzend veenmosrietland waarin ruigtesoorten als Appelbes (*Aronia prunifolia*), Zwarte braam (*Rubus fruticosus*) en Zachte berk (*Betula pubescens*) en de exoot Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) kunnen toenemen. De waarden komen overeen met die van maaien en afvoer in Habitattype H7140B (overgangs- en trilvenen). De bovengrondse biomassa zal echter toenemen tot

150% bij een uitvoer om het jaar. Dit betekent dat er dan 80% van de 150% biomassa =120% wordt afgevoerd na twee jaar en dus slechts 60% per jaar. Dit betekend een afvoer van 1,1-1.3 kmol N/ha/jaar.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/jr)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Herfstmaaien veenmosrietland	1,8-2,1	##

3.10 Habitattype H6140 Blauwgraslanden

Beschrijving

Blauwgraslanden ontstaan in de duinen uit jonge kalkrijke vochtige duinvalleien die in de loop van de successie een dikkere organische toplaag krijgen en daardoor iets zuurder en iets droger worden. Blauwgraslanden zijn hooilanden die jaarlijks gemaaid worden. In de duinen kunnen zij ook stand houden door begrazing (Beije e.a., 2012). Voor de aanvoer van bufferende stoffen zijn zij afhankelijk van de aanvoer van gebufferd kwelwater. In het Noordhollands Duinreservaat worden blauwgraslanden gekenmerkt door het voorkomen van Blauwe zegge, Pijpenstrootje, Gewone vleugeltjesbloem, Tormentil en Tandjesgras. In Natura2000-gebied komt ook een vorm voor waarin de zeldzame Spaanse ruiters frequent tot abundant voorkomt (Everts e.a., 2007).

Stikstofdepositie

Blauwgraslanden zijn zeer gevoelig voor stikstofdepositie. De kritische depositiewaarde is vastgesteld op 1071 mol N/ha/jaar. Door een verhoogde stikstofdepositie kan er verzuring optreden, als onvoldoende aanvoer van basenrijke stoffen plaatsvindt. Een verhoogde stikstofdepositie heeft ook een vermestend effect. Hoe groot dit effect is, is afhankelijk van of stikstof limiterend is in het blauwgrasland. Naast limitatie door stikstof, kan de biomassa van een blauwgrasland ook door fosfor of door kalium gelimiteerd zijn of een limitatie door meerdere van deze nutriënten kennen (Beije e.a., 2012; Olde Venterink e.a., 2001; Van der Hoek e.a., 2009).

Voorkomen

Binnen het onderzoeksgebied komen Blauwgraslanden alleen voor in het Noordhollands Duinreservaat over een oppervlakte van 1 ha. In de helft van dit oppervlak treedt nu overschrijding van de kritische depositiewaarde op.

Maatregelen

Voor het blauwgrasland in het Noordhollands Duinreservaat is extra maaien en afvoeren als maatregel aangewezen.

Maatregel: Maaien en afvoeren

Maaien en afvoeren is een effectieve maatregel om nutriënten (met name N en K) te verwijderen en laagblijvende soorten meer licht te geven. Omdat duinblauwgraslanden niet veel voorkomen, beperkt onderzoek naar de stikstofgehalten in de vegetatie zich vooral tot binnenlandse Blauwgraslanden (beekdalen en laagveengebied). De bovengrondse biomassa van Blauwgraslanden varieert tussen circa 200 g drooggewicht/m² (Wyldlane; Van Duren e.a., 1998), 310 g drooggewicht/m² (graslanden langs de Dommel; Olde Venterink e.a., 2001) tot 400-600 g drooggewicht/m² (Bennekomse Meent; Van der Hoek e.a., 2009). De blauwgraslanden waarvan eveneens de stikstofgehalten in de vegetatie werden bepaald, hadden een stikstofgehalte van 4-7,7 *10³ mol N/ha. Er vanuit gaande dat ongeveer 80% van de bovengrondse biomassa met maaien wordt verwijderd (Gorree en Runhaar 1992), betekent dit dat ongeveer 3,2 tot 6,1 *10³ mol N/ha met maaien wordt verwijderd. De meeste Blauwgraslanden worden jaarlijks gemaaid. Maaien en afvoeren is alleen een effectieve mitigerende maatregel als het gaat om extra beheer. De kritische depositiewaarden zijn ingesteld uitgaand van regulier (maai)beheer. Als er naast de reguliere jaarlijkse maaibeurt eenmaal extra gemaaid wordt, wordt daarbij ongeveer 25% geoogst van de

reguliere oogst (Bobbink en Willems, 1991). Hierop gebaseerd wordt dit voor blauwgraslanden als extra maaibeurt $0,8$ tot $1,5 \cdot 10^3$ mol N/ha.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/extra maaibeurt)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Maaien en afvoeren	0,8-1,5	#

3.11 Habitattype H7140B Overgangs- en trilvenen (Veenmosrietlanden)

Beschrijving

Veenmosrietlanden ontstaan bij verzuring van basenrijkere trilvenen in laagveengebieden. De toplaag van Veenmosrietlanden bestaat uit veenmossen, die aangepast zijn aan voeding met regenwater en zelf ook zuren uitscheiden. Riet, dat door zijn lange wortels nog wel bij het basen- en voedselrijke water kan, vormt een open vegetatie op de Veenmosrietlanden. Bij uitblijven van maaibeheer gaan Veenmosrietlanden over in Elzen- of Berkenbroekbos.

Stikstofdepositie

Veenmosrietlanden zijn zeer gevoelig voor stikstofdepositie. De kritische depositiewaarde is daarom gesteld op 714 mol N/ha/jaar. Een verhoogde stikstofdepositie heeft in Veenmosrietlanden als gevolg dat boompjes sneller gaan groeien en de Veenmosrietlanden versneld overgaan in broekbos. Ook kunnen eutrafente soorten, zoals Braam en Hennegras zich vestigen (Van Dobben e.a., 2012).

Voorkomen

Veenmosrietlanden komen voor in het Natura 2000-gebied Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske (49,4 ha), Westzaan (16,7 ha) en Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder (16,2 ha). Over het gehele oppervlak van de Veenmosrietlanden in deze gebieden wordt de kritische depositiewaarde overschreden door de huidige depositie van stikstof.

Maatregelen

De maatregelen die in aanmerking komen binnen dit subtype zijn:

Voor Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld

- Herfstmaaien
- Opslag verwijderen (incl. Cranberry)
- Plaggen (ondiep, tot 50 cm) incl. verwijderen stobben
- Plaggen (ondiep, 10 cm) incl. verwijderen stobben
- Plaggen (diep, 1 m) incl. verwijderen stobben
- Nieuwe petgaten graven

Voor Westzaan

- Herfstmaaien
- Opslag verwijderen
- Plaggen (ondiep, tot 50 cm) incl. verwijderen stobben
- Nieuwe petgaten graven (1-2 m diep)

Voor Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder

- Voorkomen bosvorming door verwijderen opslag; mitigeren eutrofiëring door het vroeger in het seizoen verwijderen van biomassa
- Plaggen 50 cm
- Plaggen 10 cm
- Dynamischer peilbeheer door isolatie van sloten
- Verminderen van bemesting

Maatregel: Herfstmaaien (Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld, Westzaan, Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder), jaarlijks

Veenmosrietlanden worden in de herfst of winter gemaaid, omdat Riet zomermaaien niet verdraagt. Bij zomermaaien gaat Veenmosrietland over in moerasheide (Van Dobben e.a., 2012). Met herfstmaaien wordt wel minder stikstof afgevoerd. In principe kan de vegetatie in de herfst een grotere biomassa hebben dan in de zomer, maar veel soorten trekken in het najaar nutriënten terug uit de bovengrondse delen naar de wortels, waardoor er netto minder stikstof wordt afgevoerd door maaien.

Een aanzienlijk deel van het stikstof in de vegetatie van Veenmosrietlanden is opgeslagen in de veenmossen (rond de 40%). Stikstof in veenmossen wordt niet afgevoerd door maaien.

Biomassagegevens en gegevens van stikstofgehalten in de bovengrondse biomassa zijn voornamelijk beschikbaar uit de zomer (juli) (Dorland e.a., 2012). Onderzochte Veenmosrietlanden hadden een gemiddelde bovengrondse biomassa van 257 g/m² en een stikstofgehalte van 10,3 mgN/g. Rekening houdend met de spreiding in de gegevens komt de afvoer van stikstof door maaien daarmee op 1,8 tot 2,1 *10³ mol N/ha (Dorland e.a., 2012). Waarschijnlijk ligt de afvoer in het najaar aan de lage kant van deze range, omdat de vegetatie dan al een deel van het stikstof naar de wortels heeft teruggetrokken. Biomassa van veenmosrietlanden houdt stand bij jaarlijks (herfst)maaien. De afvoerdata die in literatuur kan worden gevonden, betreffen ook veenmosrietlanden die jaarlijks gemaaid worden. De afvoer betreft in deze vegetatie voornamelijk een ijle rietvegetatie die jaarlijks terug groeit.

Effecten op de stikstofbalans		
Maatregel	Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)	Betrouwbaarheid
Herfstmaaien	1,8-2,1	##

Maatregel: Plaggen diep en Plaggen ondiep (Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld, Westzaan, Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder). Hierna genoemd: plaggen.

Van Dijk onderzocht in 2012 de stikstofgehalten op verschillende dieptes in drie Veenmosrietlanden in het Ilperveld en één in het Zuiderveen, langs het Noord-Hollands Kanaal tussen IJmuiden en Amsterdam (Van Dijk, ongepubliceerde data). De stikstofgehalten van deze Veenmosrietlanden verschilden sterk, onder meer afhankelijk van de veraarding en organische stofgehalte van het veen. Vooral in de bovenste 50 cm van het veen verschilden de concentraties sterk: tussen 28 en 230 mmol N/l bodem. In de 50 cm daaronder liepen de stikstofgehalten minder uiteen: gemiddeld tussen 98 en 151 mmol/l bodem. Deze range in stikstofgehalten in de toplaag wordt bevestigd door onderzoek aan een Veenmosrietland in het Ilperveld op 0-10 cm diepte (8,7 g N/kg, ongeveer 63 mmol N/l bodem; Beltman e.a., 2001); een Veenmosrietland in de Vechtplassen (39 mmol N/l bodem; Koerselman e.a., 1993) en kragges met onder andere Veenmosrietland in de Wieden en Weerribben (circa 127 mmol N/l bodem op 0-20 cm diepte en 166 mmol N/l bodem op 20-40 cm diepte; Van Diggelen e.a., 1996). Mettrop e.a. vonden lagere stikstofgehalten in de toplaag van veenmosgedomineerde laagvenen in de Oostelijke Binnenpolder Tienhoven en de Wieden en Weerribben (tussen 19 en 21 mmol N/l bodem). Dit kwam door de lagere dichtheid van de bodem en niet door een lager stikstofgehalte van het organisch materiaal. Het afplaggen van de bovenste 10 cm van de bodem levert daarmee een afvoer van stikstof op tussen 19 *10³ mol N/ha en 230 *10³ mol N/ha, het afplaggen van 50 cm tussen 140 *10³ mol N/ha en 1150 *10³ mol N/ha en het afplaggen tot 1 meter diepte tussen 392 en 1940 *10³ mol N/ha. De extra afvoer van stikstof via de ook verwijderde bovengrondse biomassa is daarmee verwaarloosbaar klein en niet in de berekeningen

betrokken. Bij de afvoer van veen van Veenmosrietlanden van grotere dieptes (vaak al ca 50 cm en zeker 100 cm) moet aangetekend worden dat het stikstof op deze dieptes vastgelegd was in organische plantenresten zonder een verhoogd stikstofgehalte en niet beschikbaar was voor de vegetatie. Door stikstof van deze diepte af te voeren, verminderen de eutrofiërende effecten van stikstof niet extra ten opzichte van het afvoeren van een stikstofverrijkte toplaag. Maatregelen waarbij er diep wordt geplagd zijn er op gericht de successie verder terug te zetten, naar een stadium met gebufferd water en een (semi-)aquatische vegetatie.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
plaggen 10 cm	19-230	##
plaggen 50 cm	140-1150	##
plaggen 100 cm	392-1940	##

Maatregel: Opslag verwijderen (Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld, Westzaan, Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder)

Opslag in Veenmosrietlanden bestaat voornamelijk uit Zwarte els en Wilgen. In Noord-Holland kan ook Cranberry gaan domineren op Veenmosrietlanden. Het uittrekken van deze soort kan daarom onderdeel vormen van de maatregel. Boompjes hebben een lager stikstofgehalte dan kruidige planten, omdat een groot deel van de boom uit steunweefsel bestaat. Dit stikstofgehalte is mede afhankelijk van of de soort stikstof kan binden, zoals Zwarte els. Het stikstofgehalte van de houtige opslag ligt ongeveer tussen 2 g/kg (Wilg; Bridgeman e.a., 2007) en 2,8 (*Alnus rubra*; Turner e.a., 1976). Als de biomassa van de opslag ongeveer tussen 200 en 2000 g/m² ligt, wordt er met deze maatregel de eerste keer ongeveer tussen 0,3 en 4 *10³ mol N/ha afgevoerd (200-2000 g houtige biomassa/m² met een stikstofpercentage tussen 0,20 en 0,28 %). Het is niet bekend hoe vaak deze maatregel herhaald zou moeten worden, maar zie hiervoor de opmerking op blz. 7 over eventuele extra N-afvoer.

Effecten op de stikstofbalans		
<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
Opslag verwijderen	0,3-4	(#)

Maatregel: Nieuwe petgaten graven (Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld, Westzaan, Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder)

Nieuwe petgaten worden aangelegd om de verlandingsuccessie opnieuw te laten beginnen. Als de omstandigheden goed zijn, kan zich binnen enkele tientallen jaren Trilveen en Veenmosrietland vormen. Trilvenen en Veenmosrietlanden met doelsoorten zijn op die manier op lange termijn beter te behouden dan door het uitvoeren van beheermaatregelen in verouderde en verzuurde Trilvenen en Veenmosrietlanden. In praktijk blijkt het initiële stadium van verlanding echter nog moeilijk op gang te brengen. De maatregel is niet gericht op het verwijderen van nutriënten. Er zal echter bij het uitgraven van veen ook stikstof worden verwijderd. Hoeveel dit zal zijn, is afhankelijk van de locatie waar de maatregel plaatsvindt. Net als bij het afplaggen van de toplaag in Veenmosrietlanden kan er in de bovenste decimeters aanrijking met stikstof hebben plaatsgevonden door de verhoogde stikstofdepositie. Het veen bevat geen verhoogde stikstofconcentraties, dus door

dit veen af te graven vermindert de stikstofbeschikbaarheid niet. Om deze reden is er hier geen inschatting van de stikstofafvoer gegeven.

Maatregel: Dynamischer peilbeheer door isolatie van sloten (Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder)

Het invoeren van een dynamischer peilbeheer kan zowel positieve als negatieve effecten op Veenmosrietlanden hebben. Door een hoger peil in de winter, kunnen mogelijk meer bufferende stoffen worden aangevoerd en gegenereerd in de kragges. Doordat het zomerpeil mag uitzakken, is er minder aanvoer van gebiedsvreemd water nodig, dat verhoogde nutriëntenconcentraties kan bevatten. Anderzijds kunnen door de langere verblijftijd van het water in het gebied de nutriëntenconcentraties in het water juist hoger blijven dan als er wel doorstroming is, vooral als er uit- en afspoeling van nutriënten vanaf bemeste percelen plaatsvindt. Ook kan een langdurig lagere grondwaterstand in de zomer zorgen voor een hoger stikstofmineralisatie. Het is dus niet zonder meer te zeggen of deze maatregel een positief effect heeft op de stikstofbelasting van het habitatype.

Maatregel: Verminderen van bemesting (Wormer- en Jisperveld en Kalverpolder)

Het verminderen van bemesting in N2000-gebieden heeft een positief effect op de belasting van Veenmosrietlanden met stikstof. Het uitrijden van (drijf)mest is echter niet zonder vergunning toegestaan als dit meer is dan het oorspronkelijke bestaand gebruik (Uitspraak 201012793/1/H4 van de Raad van State inzake het niet optreden van het college van gedeputeerde staten van Noord-Holland tegen het uitrijden van drijfmest zonder vergunning in Natura 2000-gebied Eilandspolder). Het verminderen van bemesting kan daarom alleen als PAS-maatregel worden gezien als dit het oorspronkelijke bestaande gebruik vermindert. Het verminderen van bemesting is geen mitigerende maatregel, maar een brongerichte maatregel. Hoeveel dit de belasting met stikstof in Veenmosrietlanden vermindert, is afhankelijk van hoeveel de bemesting vermindert. Het effect op de stikstofbelasting kan alleen worden ingeschat als bekend is hoeveel deze bemesting vermindert. Er kan hierdoor dus geen inschatting worden gegeven van het effect van deze maatregel.

4 Synthese en concluderende opmerkingen

De geplande vergroting van het zeesluizencomplex bij IJmond zorgt in 2025 voor een additionele stikstof-(N) belasting van de omringende Natura 2000-gebieden. Deze additionele belasting kan negatieve gevolgen hebben voor de biodiversiteit omdat veel soorten van (half) natuurlijke ecosystemen zeer gevoelig zijn voor stikstofbemesting. Bij overschrijdingen van de KDW zijn maatregelen noodzakelijk om de negatieve effecten van deze extra stikstoftoevoer te "mitigeren". Binnen de programmatische aanpak stikstof (PAS) zijn hiervoor herstelstrategieën (ook wel herstelmaatregelen genoemd) voor elk habitat(sub)type gedefinieerd welke mogelijk toegepast kunnen worden om de stikstofdepositie in het betreffende (sub)habitat te verlagen of de negatieve effecten van stikstof op de kenmerkende diversiteit te herstellen.

In dit rapport is een inschatting gemaakt van de extra stikstofafvoer (in kmol N per ha) van de betreffende PAS-herstelmaatregelen die noodzakelijk zijn in de nabijgelegen vijf Natura 2000-gebieden. Het betrof 14 (sub)habitattypen uit het duinlandschap, 2 habitattypen uit het landinwaarts gelegen laagveen/zeeklei-landschap en 2 soorten van de bijlage 2 van de habitatrictlijn. Er is gebruik gemaakt van (internationale) gepubliceerde wetenschappelijke literatuur, (internationale) rapporten en relevante databases. Voor elk van de 16 habitat(sub)typen zijn gegevens geïnventariseerd en vergeleken met vergelijkbare habitat(sub)typen. Daarbij zijn ook berekeningen uitgevoerd op basis van de gemeten of geschatte afvoer van materiaal en het betreffende N-gehalte in dat materiaal. Zo is een inschatting verkregen van de stikstofafvoer per maatregel voor maatregelen zoals plaggen of onthouting die weinig frequent worden uitgevoerd en voor jaarlijks terugkerende maatregelen, zoals drukbegrazing of aanvullend maaien. Een overzicht van de uitkomsten betreffende de stikstofafvoer is per PAS-herstelmaatregel per onderzochte Natura 2000-(sub)habitattype en -soort weergegeven in de samenvattende tabel op de bladzijden hierna.

Het moge duidelijk zijn dat door drastische, eenmalige ingrepen in het systeem veel tot zeer veel van de aanwezige stikstof verwijderd wordt. In het algemeen kan daarbij gesteld worden dat de mate van stikstofafvoer in de volgende volgorde van de maatregelen afneemt: (verwijderen bouwvoor agrarisch gebied ~ baggeren) > plaggen > chopperen > onthouting ~ verwijderen exoten. Uiteraard is de betreffende waarde flink verschillend per habitattype, maar ook per maatregel (zie samenvattende tabel) en zijn de gevonden ranges behoorlijk groot. Dit komt doordat in de gebruikte gegevens de uitgangssituaties sterk verschillend kunnen zijn, ondanks dat het 1 type betreft. Het is verder belangrijk te vermelden dat door deze eenmalige ingrepen altijd meer (of veel meer) dan 10.000 mol N/ha (10 kmol N/ha of $10 \cdot 10^3$ mol N/ha) wordt verwijderd. Dit betekent dat bij een eventuele rotatieperiode van 20 jaar er per jaar 500 mol N/ha wordt verwijderd (of soms veel meer). De stikstofafvoer door "jaarlijkse" herstelmaatregelen zoals maaien of verschillende vormen van begrazing is eveneens duidelijk verschillend tussen het type maatregel en het habitattype. In het algemeen kan gesteld worden dat maaien en afvoeren vaak meer stikstof verwijderd dan begrazing, maar dat de afvoer door drukbegrazing - op de correcte manier uitgevoerd - soms bijna zo hoog kan zijn als die door maaien. Door beide herstelmaatregelen wordt vrijwel altijd meer dan 1000 mol N/ha/jaar afgevoerd. Extensieve begrazing verwijdert daarbij duidelijk het minste stikstof (zie samenvattende tabel).

Samenvattende tabel. Overzicht van de geschatte stikstofafvoer per mitigerende maatregel voor de habitattypen en -soorten waarvoor vanuit het project Zeetoeegang IJmond een mitigatie-opgave is.

Effecten op de stikstofbalans			
<i>EU code</i>	<i>Maatregel</i>	<i>Geschatte stikstofafvoer (kmol/ha/keer)</i>	<i>Betrouwbaarheid</i>
H2120	Witte Duinen		
	Aanleg stuifplekken	0,0014-0,0103**	##
	Plaggen/Chopperen	14-103	##
	Verwijderen struweel/opslag/exoten	2,2-3	(#)
H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)		
	Onthouting en verwijdering struwelen (laag %N - hoog %N)	11-15	#
	Plaggen 10 cm (arme bodem - rijke bodem)	115-336	#
	Chopperen (arme bodem - rijke bodem)	59-169	#
	Maaien en afvoeren (jaarlijks maaien)	2,5*	##
	Maaien en afvoeren (tweejaarlijks maaien)	1,9*	##
	Extensieve begrazing	0,7*	(#)
	Drukbegrazing	1,3*	(#)
	Verstuivingskuilen en vlakten	0,043**	#
H2130B	Grijze duinen (kalkarm)		
	Onthouting en verwijdering struwelen (laag %N - hoog %N)	11-15	#
	Plaggen 10 cm (arme bodem - rijke bodem)	92-266	#
	Chopperen (arme bodem - rijke bodem)	49-136	#
	Maaien en afvoeren (jaarlijks maaien)	2,3*	##
	Maaien en afvoeren (tweejaarlijks maaien)	1,8*	##
	Extensieve begrazing	0,6*	(#)
	Drukbegrazing	1,2*	(#)
	Verstuivingskuilen en vlakten	0,034**	#
H2130C	Grijze duinen (heischraal)		
	Extensieve begrazing	0,9*	(#)
	Drukbegrazing	1,9*	(#)
	Verstuivingskuilen en vlakten	0,017**	#
	Optimalisering waterbeheer	-	-
H2140A	Duinheiden met kraaihei (vochtig)		
	Plaggen 10 cm (arme bodem - rijke bodem)	84-196	#
	Plaggen 15 cm (arme bodem - rijke bodem)	123-293	#
	Chopperen (arme bodem - rijke bodem)	43-100	#
	Intensivering onthouten	11-15	#
H2140B	Duinheiden met kraaihei (droog)		

	Plaggen 10 cm (arme bodem - rijke bodem)	85-276	#
	Plaggen 15 cm (arme bodem - rijke bodem)	125-381	#
	Chopperen (arme bodem - rijke bodem)	44-129	#
	Intensivering onthouten	11-15	#
H2150	Duinheiden met struikhei		
	Plaggen 10 cm (arme bodem - rijke bodem)	85-276	#
	Plaggen 15 cm (arme bodem - rijke bodem)	125-381	#
	Chopperen (arme bodem - rijke bodem)	51-109	#
	Onthouting en verwijdering struwelen (hoog %N - laag %N)	11-15	#
	Spragelen	4,5-20,5	##
	Extensieve begrazing (vergrast)	0,9*	(#)
	Drukbegrazing (vergrast)	1,9*	(#)
	Extensieve begrazing (hout)	1,1*	(#)
	Drukbegrazing (hout)	3,2*	(#)
H2180A	Duinbossen (droog)		
	Verwijdering exoten en habitatvreemde soorten	11-13	#
	Verwijdering naaldbomen/naaldbos	16-29	#
	Extensieve begrazing (vergrast)	0,9*	(#)
	Drukbegrazing (vergrast)	1,9*	(#)
	Extensieve begrazing (hout)	1,1*	(#)
	Drukbegrazing (hout)	3,2*	(#)
	Aanleg struweelzoom (25m)	0,05-0.01***	#
H2180B	Duinbossen (vochtig)		
	Verwijdering exoten en habitatvreemde soorten	13-15	#
H2180C	Duinbossen (binnenduintrand)		
	Verwijdering exoten en habitatvreemde soorten	13-15	#
	Extensieve begrazing (vergrast)	1,0*	(#)
	Drukbegrazing (vergrast)	2,1*	(#)
	Extensieve begrazing (hout)	1,2*	(#)
	Drukbegrazing (hout)	3,5*	(#)
	Bevorderen boomsoorten met kalkrijk strooisel	-	#
	Aanleg struweelzoom (25m)	0,05-0.01***	#
H2190A	Vochtige duinvalleien (open water)		
	Baggeren	40-860	(#)
	Verwijderen bouwvoor agrarische grond	285-780	(#)
	Stimuleren nieuwvorming	-	-
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)		
	Drukbegrazing	1,3-4,8*	#
	Incidenteel maaien en afvoeren	2,6-10*	##
	Onthouten/maaien opslag	0,5-2,5	#

	Plaggen	43-122	#
H2190C	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)		
	Extensieve begrazing	0,26-1*	#
	Drukbegrazing	0,52-2*	#
	Maaien en afvoeren	1-4*	##
	Onthouten/verwijderen opslag	0,5-1,3	#
	Plaggen	39-165	##
H4010B	Vochtige heiden (laagveengebied)		
	Opslag verwijderen	11-15*	#
	Herfstmaaien veenmosrietland	1,8-2,1	##
	Plaggen 20 cm (verwijderen Cranberry, lage en hoge bedekking)	189-228	#
H1014	Leefgebied Nauwe Korfslak	(als H2190B)	
H1903	Groenknolorchis	(als H2190B)	
H6410	Blauwgraslanden		
	Maaien en afvoeren (extra maaibeheer)	08-1,5*	#
H7140B	Overgangs-en trilvenen (veenmosrietlanden)		
	Herfstmaaien	1,8-2,1*	##
	Plaggen 10 cm	19-230	##
	Plaggen 50 cm	140-1150	##
	Plaggen 100 cm	392-1940	##
	Opslag verwijderen	0,3-4*	(#)
	Nieuwe petgaten graven	-	-
	Dynamischer peilbeheer	-	-
	Verminderen van bemesting	-	-

in kmol/ha/jaar, **in kmol/m², * vermindering stikstofdepositie in kmol/ha/25m struweelzoom*

Referenties

- Adams, M., P. Ineson, D. Binkley, G. Cadisch, M. Scholes, K. Hicks en N. Tokuchi (2004). Soil functional responses to excess nitrogen inputs at global scale. *Ambio* 33(8): 530-536.
- Anoniem (2008). Nauwe korfslak (*Vertigo angustior*) H1014. Profielendocument Habitatsoorten: 363-376.
- Arens, S. M., A. B. van den Burg, P. Esselink, A. P. Grootjans, P. D. Jungerius, A. M. Kooijman, C. de Leeuw, M. Löffler, M. Nijssen, A. P. Oost, H. H. van Oosten, P. J. Stuyfzand, C. A. M. van Turnhout, V. J.J. en M. Wolters (2009). OBN Preadvies Duin- en Kustlandschap. Ede, Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Rapport DK nr. 2009/dk113-O, : 171 pp.
- Beije, H.M., A.J.M. Jansen, Q.L. Slings en Smits, N.A.C. (2012). Herstelstrategie H6410: Blauwgraslanden, In Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II. Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. pp. 559-580. Alterra Wageningen UR/Programmadirectie Natura 2000, Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie, Wageningen/Den Haag.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen en G.M. Verheggen (1990). Restauratie van verzuurde en geeutrofiëerde zwak gebufferde ondiepe oppervlaktewateren; mogelijkheden tot herstel. Nijmegen, Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie: 96 pp.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen en M.J.R. Cals, (1993). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering van oppervlaktewateren; eindrapport monitoringsprogramma eerste fase. Nijmegen, Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen: 147 pp.
- Beltman, B., T. van den Broek, A. Barendregt, M.C. Bootsma en A.P. Grootjans (2001). Rehabilitation of acidified and eutrophied fens in The Netherlands: Effects of hydrologic manipulation and liming. *Ecological Engineering* 17, 21-31.
- Berendse, F., E.J. Lammerts en H. Olff (1998). Soil organic matter accumulation and its implications for nitrogen mineralization and plant species composition during succession in coastal dune slacks. *Plant Ecology* 137(1): 71-78.
- Berendse, F., H. Oudhof en J. Bol (1987). A comparative study on nutrient cycling in wet heathland ecosystems. *Oecologia* 74(2): 174-184.
- Bobbink, R. en J.-P. Hettelingh (2011). Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships : Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010 Bilthoven: 246.
- Bobbink, R., E. Brouwer, J. ten Hoopen en E. Dorland (2004). Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. Duurzaam natuurherstel voor behoud biodiversiteit. 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het overlevingsplan bos en natuur. G.-J. van Duinen, R. Bobbink, C. van Dam e.a. Ede, Expertisecentrum LNV: 33-70.
- Bobbink, R., M. Hornung en J.G.M. Roelofs (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* 86(5): 717-738.
- Bobbink, R. en J.H. Willems (1991). Impact of different cutting regimes on the performance of *Brachypodium pinnatum* in Dutch chalk grassland. *Biological Conservation* 56: 1-21.
- Boorman, L.A. (1989). The grazing of British sand dune vegetation. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Section B - Biological Sciences* 96: 75-88.
- Boxel, J. H., P. D. Jungerius, N. Kieffer en N. Hampele (1997). Ecological effects of reactivation of artificially stabilized blowouts in coastal dunes. *Journal of Coastal Conservation* 3(1): 57-62.
- Bridgeman, T.G., J.M. Jones, I. Shield en P.T. Williams (2008). Torrefaction of reed canary grass, wheat straw and willow to enhance solid fuel qualities and combustion properties. *Fuel* 87, 844-856.
- Britton, A. en J. Fisher (2007). NP stoichiometry of low-alpine heathland: Usefulness for bio-monitoring and prediction of pollution impacts. *Biological Conservation* 138(1-2): 100-108.
- Brouwer, E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G. Arts en D. Belgers (2009). Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op middellange termijn. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede: 208 pp.

- Brouwer, E., R. Bobbink, J.G.M. Roelofs en G.M. Verheggen (1996). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma tweede fase. Nijmegen, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen: 206 pp.
- Burton, P.J. en F.A. Bazzaz (1995). Ecophysiological responses of tree seedlings invading different patches of old-field vegetation. *Journal of Ecology* 83(1): 99-112.
- Byrne, K. en D. Mitchell (2004). Responses of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Erica cinerea* and *Vaccinium macrocarpon* to *Glomus mosseae*. *Mycorrhiza* 14(1): 31-36.
- Cals, M.J.R., M.C.C. de Graaf en J.G.M. Roelofs (red.) (1992). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in natuurterreinen., Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen: 188 pp.
- Chapman, S. B. (1967). Nutrient budgets for a dry heath ecosystem in south of England. *Journal of Ecology* 55(3): 677-& 689.
- Chapman, S. B. (1970). Nutrient content of soil and root system of a dry heath ecosystem. *Journal of Ecology* 58(2): 445-&.
- Daemen, N. (2008). Cultuurhistorische effectrapportage (her)inrichtingslocaties Egmond-Binnen. Een onderzoek naar de aardkundige, archeologische en cultuurhistorische achtergrond van natuurontwikkelingsprojecten in de binnenduinrand bij Egmond-Binnen. Woerden, Arda.
- Dassonville, N., S. Vanderhoeven, V. Vanparys, M. Hayez, W. Gruber en P. Meerts (2008). Impacts of alien invasive plants on soil nutrients are correlated with initial site conditions in NW Europe. *Oecologia* 157(1): 131-140.
- De Graaf, M.C.C. (2000). Ecosystem functioning of two wet heath vegetations along a calcicole -calcifuge gradient. Exploring the calcicole - calcifuge gradient in heathlands, PhD thesis Radboud University Nijmegen. Nijmegen, Radboud University Nijmegen.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, J. G. M. Roelofs en P. J. M. Verbeek (1998). Differential effects of ammonium and nitrate on three heathland species. *Plant Ecology* 135(2): 185-196.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N. A. C. Smits, R. Van Diggelen en J. G. M. Roelofs (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142(10): 2191-2201.
- De Kovel, C.G.F., A. van Mierlo, Y.J.O. Wilms en F. Berendse (2000). Carbon and nitrogen in soil and vegetation at sites differing in successional age. *Plant Ecology* 149(1): 43-50.
- De Wit, Y. (1994). Invloed van het beheer op de water- en oevervegetatie van duinpoelen. Nijmegen, Vakgroep Oecologie Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.: 20 pp.
- Domenach, A. M., A. Moiroud en L. Jocteurmonrozier (1994). Leaf carbon and nitrogen constituents of some actinorhizal tree species. *Soil Biology & Biochemistry* 26(5): 649-653.
- Dorland, E., A. van Loon, Y. Fujita, M. Jalink en G. Cirkel (2012). Kwantificering processen ten behoeve van herstelstrategieën Programmatische Aanpak Stikstof - Deel II. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein: 55pp
- Erisman, J. W. en G. J. Heij (1991). Concentration and deposition of acidifying compounds. Acidification research in the Netherlands. G.J. Heij en T. Schneijder. Amsterdam, Elsevier Studies in Environmental Science.
- Ernst, W.H.O., Q.L. Slings en H.J.M Nelissen, (1996). Pedogenesis in coastal wet dune slacks after sod-cutting in relation to revegetation. *Plant and Soil* 180(2): 219-230.
- Everts, F.H., M. Jongman, M.E. Tolman en N.P.J. de Vries (2007). Vegetatiekartering Noordhollands Duinreservaat. Deelgebieden Bergen-Wimmenum 2006. EGG Consult, Groningen: 144 pp
- Fowler, D., J. H. Duyzer en D. D. Baldocchi (1990). Inputs of trace gases, particles and cloud droplets to terrestrial surfaces. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Section B-Biological Sciences* 97: 35-59.
- Fowler, D., J. N. Cape en M. H. Unsworth (1989). Deposition of atmospheric pollutants on forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 324(1223): 247-265.
- Gay, P. A., B. H. Green en M. V. Labern (1968). Experimental management of chalk heath at Lullington Heath National Nature Reserve Sussex. *Journal of Applied Ecology* 5(3): P24-&.
- Gerdol, R., T. Anfodillo, M. Gualmini, N. Cannone, L. Bragazza en L. Brancaleoni (2004). Biomass distribution of two subalpine dwarf-shrubs in relation to soil moisture and nutrient content. *Journal of Vegetation Science* 15(4): 457-464.
- Gorree, M. en H. Runhaar (1992). Haalbaarheidstudie Natuurgerichte Normstelling Nutrienten. Algemene methoden voor het ontwikkelen van grenswaarden voor nutrientenbelasting van natuurlijke systemen. Leiden, Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden: 45.

- Green, B.H. (1972). The relevance of seral eutrophication and plant competition to the management of successional communities. *Biological Conservation* 4(5): 378-384.
- Groenendijk, J. (2013). PAS-gebiedsanalyse Noordhollands Duinreservaat, herstelstrategie fase III Programmatische Aanpak Stikstof Amsterdam, RHDHV. BC6818-100: 104.
- Grootjans, A.P., E.B. Adema, C. Aggenbach, F.H. Everts en A.J.M. Jansen (2007). Restauratie van Duinvalleien. *De Levende Natuur* 108(3): 77-82.
- Grootjans, A.P., H. Everts, K. Bruin en L. Fresco (2001). Restoration of wet dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands: Recolonization after large-scale sod cutting. *Restoration Ecology* 9, 137-146.
- Grootjans, A.P., A.S Adams, H.P.J. Huiskes, N.A.C. Smits (2012). Herstelstrategie H2190C: Vochtige duinvalleien (ontkalkt), In Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. *Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II. Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats.* pp. 269-286. Alterra Wageningen UR/Programmadirectie Natura 2000, Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie, Wageningen/Den Haag.
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts en F. van Beusekom, (1995). Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden. *Ecologie en regeneratiemogelijkheden.* Utrecht, Stichting Uitgeverij van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- Grootjans, A.P., W.H.O. Ernst en P.J. Stuyfzand (1998). European dune slacks: strong interactions of biology, pedogenesis and hydrology. *Trends in Ecology & Evolution* 13(3): 96-100.
- Hardtle, W., G. von Oheimb, A.-K. Gerke, M. Niemeyer, T. Niemeyer, T. Assmann, C. Drees, A. Matern en H. Meyer (2009). Shifts in N and P Budgets of Heathland Ecosystems: Effects of Management and Atmospheric Inputs. *Ecosystems* 12(2): 298-310.
- Haslam, S. M., Ed. (1969). *The Reed.* Monog. 1. Norwich, Norfolk Reedgrowers Association.
- Heyel, S.M. en F.P. Day (2006). Long-term residual effects of nitrogen addition on a barrier island dune ecosystem. *Journal of the Torrey Botanical Society* 133(2): 297-303.
- Hicks, W. K., I. D. Leith, S. J. Woodin en D. Fowler (2000). Can the foliar nitrogen concentration of upland vegetation be used for predicting atmospheric nitrogen deposition? Evidence from field surveys. *Environmental Pollution* 107(3): 367-376.
- Hogg, P., P. Squires en A. H. Fitter (1995). Acidification, nitrogen deposition and rapid vegetational change in a small valley mire in Yorkshire. *Biological Conservation* 71(2): 143-153.
- Jones, M.L.M., H.L. Wallace, D. Norris, S.A. Brittain, S. Haria, R.E. Jones, P.M. Rhind, B.R. Reynolds en B.A. Emmett (2004). Changes in vegetation and soil characteristics in coastal sand dunes along a gradient of atmospheric nitrogen deposition. *Plant Biology* 6(5): 598-605.
- Jorgensen, R.H. en J. Kollmann (2009). Invasion of coastal dunes by the alien shrub *Rosa rugosa* is associated with roads, tracks and houses. *Flora* 204(4): 289-297.
- Jungerius, P.D., H. Koehler, A.M. Kooijman, H.J. Mûcher en U. Graefe (1995). Response of vegetation and soil ecosystem to mowing and sod removal in the coastal dunes 'Zwanenwater', the Netherlands. *Journal of Coastal Conservation* 1(1): 3-16.
- Kauer, K., T. Koester en R. Kolli (2004). Chemical parameters of coastal grassland soils in Estonia *Agronomy Research* 2(2): 169-180.
- Kirkham, F.W. (2001). Nitrogen uptake and nutrient limitation in six hill moorland species in relation to atmospheric nitrogen deposition in England and Wales. *Journal of Ecology* 89(6): 1041-1053.
- Kiwa Water Research en EGG (2007). Knelpunten- en kansanalyse Natura 2000-gebieden. Natura 2000-gebied 87 - Noordhollands Duinreservaat. Nieuwegein/Groningen, Kiwa Water Research & EGG: 21 pp.
- Klinkhamer, P.G.L. en T.J. Jong (1985). Shoot biomass and species richness in relation to some environmental factors in a coastal dune area in The Netherlands. *Vegetatio* 63(3): 129-132.
- Koerselman, W., M.B. van Kerkhoven, J.T.A. Verhoeven (1993). Release of Inorganic N,P and K in Peat Soils - Effect of Temperature, Water Chemistry and Water-Level. *Biogeochemistry* 20, 63-81.
- Kooijman, A.M. en A. Smit (2001). Grazing as a measure to reduce nutrient availability and plant productivity in acid dune grasslands and pine forests in The Netherlands. *Ecological Engineering* 17(1): 63-77.

- Kooijman, A.M. en M. Besse (2002). The higher availability of N and P in lime-poor than in lime-rich coastal dunes in the Netherlands. *Journal-Of-Ecology* 90: 394-403.
- Kooijman, A.M., H. Noordijk, A. van Hinsberg en C. Cusell (2009). Stikstofdepositie in de duinen - een analyse van N-depositie, kritische niveaus, erfenissen uit het verleden en stikstofefficiëntie in verschillende duinzones. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam & Planbureau voor de Leefomgeving: 56.
- Kopittke, G.R., A. Tietema, E. E. van Loon en K. Kalbitz (2013). The age of managed heathland communities: implications for carbon storage? *Plant and Soil* 369(1-2): 219-230.
- Kozak, I. (2000). Biomass of forest and meadow in the Eastern Carpathians. *Ekologia-Bratislava* 19(1): 23-26.
- Lammerts, E.J., D.M. Pegtel, A.P. Grootjans en A. van der Veen (1999). Nutrient limitation and vegetation changes in a coastal dune slack. *Journal of Vegetation Science* 10, 111-122.
- Loeb, R. (2000). Verandering van fosforvormen in de bodem tijdens successie in natte duinvalleien op Terschelling. Wageningen, Wageningen Universiteit: 100 pp.
- Loeb, R. (2012). Bodemchemisch onderzoek Hanenplas. Nijmegen, Onderzoekcentrum B-ware: 58 pp.
- Majzlanova, E. (1992). *Nardus stricta* stands of Kralova Hola (Nizke Tatry Mtns). *Biologia* 47(1): 55-63.
- Merilä, P., K. Mustajärvi, H.-S. Helmisaari, S. Hilli, A.-J. Lindroos, T. M. Nieminen, P. Nöjd, P. Rautio, M. Salemaa en L. Ukonmaanaho (2014). Above- and below-ground N stocks in coniferous boreal forests in Finland: Implications for sustainability of more intensive biomass utilization. *Forest Ecology and Management* 311(0): 17-28.
- Mettrop, I.S., C. Cusell, A.M. Kooijman en L.P.M. Lamers (2014). Nutrient and carbon dynamics in peat from rich fens and Sphagnum-fens during different gradations of drought. *Soil Biology & Biochemistry* 68, 317-328.
- Miller, G.R. en J. Miles (1970). Regeneration of Heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) at different ages and seasons in North-East Scotland. *Journal of Applied Ecology* 7(1): 51-60.
- Milne, J. A., R. J. Pakeman, F. W. Kirkham, I. P. Jones en J. E. Hossell (2002). Biomass production of upland vegetation types in England and Wales. *Grass and Forage Science* 57(4): 373-388.
- Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2012). Herstelstrategieën: Deel II Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats: versie november 2012. from http://pas.natura2000.nl/pages/herstelstrategieen-deel_ii.aspx.
- Monni, S., C. Uhlig, O. Junttila, E. Hansen en J. Hynynen (2001). Chemical composition and ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to aboveground element application. *Environmental Pollution* 112(3): 417-426.
- Navar, J., E. Mendez en V. Dale (2002). Estimating stand biomass in the Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *Annals of Forest Science* 59(8): 813-821.
- Nielsen, K.E., B. Hansen, U.L. Ladekarl en P. Nørnberg (2000). Effects of N-deposition on ion trapping by B-horizons of Danish heathlands. *Plant and Soil* 223(1-2): 267-278.
- Niemeyer, M., T. Niemeyer, S. Fottner, W. Härdtle en A. Mohamed (2007). Impact of sod-cutting and choppering on nutrient budgets of dry heathlands. *Biological Conservation* 134(3): 344-353.
- Noordijk, E. (2012). Notitie: Duinenbijtelling in Natura 2000 gebieden in GDN. Bilthoven, RIVM: 8.
- OBN. (2014). OBN beheermaatregelen - Plaggen. from <http://www.natuurkennis.nl/>.
- Olde Venterink, H., R.E. van der Vliet en M.J. Wassen (2001). Nutrient limitation along a productivity gradient in wet meadows. *Plant and Soil* 234(2): 171-179.
- Olofsson, J. en L. Oksanen (2002). Role of litter decomposition for the increased primary production in areas heavily grazed by reindeer: a litterbag experiment. *Oikos* 96(3): 507-515.
- Pilkington, M.G., S.J.M. Caporn, J.A. Carroll, N. Cresswell, J.A. Lee, B. Reynolds en B.A. Emmett (2005). Effects of increased deposition of atmospheric nitrogen on an upland moor: Nitrogen budgets and nutrient accumulation. *Environmental Pollution* 138(3): 473-484.
- Plassmann, K., G. Edwards-Jones en M.L.M. Jones (2009). The effects of low levels of nitrogen deposition and grazing on dune grassland. *Science of The Total Environment* 407(4): 1391-1404.
- Pluis, J.L.A. (1993). The Role of Algae in the Spontaneous Stabilisation of Blowouts. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam.
- Poelen, M., L.J.L. Van den Berg, A.J.P. Smolders, N. Jaarsma en L.P.M. Lamers (2011). WaterBODEMbeheer in Nederland: Maatregelen Baggeren en Nutriënten (BAGGERNUT) - Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie (MIND-BAGGERNUT). Tussenrapportage 2011. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen: 82 pp.
- Raad van State, 2012. Uitspraak 201012793/1/H4.

- Read, D.J. (1996). The structure and function of the Ericoid mycorrhizal root. *Annals of Botany* 77, 365-374.
- Remke, E., E. Brouwer, A. Kooijman, I. Blindow, H. Esselink en J. G. M. Roelofs (2009). Even low to medium nitrogen deposition impacts vegetation of dry, coastal dunes around the Baltic Sea. *Environmental Pollution* 157(3): 792-800.
- Sival, F.P. en A.P. Grootjans, (1996). Mesotrophic basiphilous communities affected by changes in soil properties in two dune slack chronosequences. *Acta Botanica Neerlandica* 45(1): 95-106.
- Smits, N.A.C., D. Melman en S.M. Arens (2012). Herstelstrategie H2120: Witte duinen. Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II. Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. Wageningen/Den Haag, Alterra Wageningen UR/Programmadirectie Natura 2000, Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie: 79-88.
- Stewart, W. D. P. en M. C. Pearson (1967). Nodulation and nitrogen-fixation by *Hippophaë rhamnoides* L. in the field. *Plant and Soil* 26(2): 348-360.
- Stribley, D. P. en D. J. Read (1974). The biology of mycorrhiza in the Ericaceae. IV. The effect of mycorrhizal infection on uptake of ¹⁵N from labelled soil by *Vaccinium macrocarpon* Ait. *New Phytologist* 73(6): 1149-1155.
- Terry, A.C., M.R. Ashmore, S.A. Power, E.A. Allchin en G.W. Heil (2004). Modelling the impacts of atmospheric nitrogen deposition on Calluna-dominated ecosystems in the UK. *Journal of Applied Ecology* 41(5): 897-909.
- Turner, J., D.W. Cole en S.P. Gessel (1976). Mineral Nutrient Accumulation and Cycling in a Stand of Red Alder (*Alnus rubra*). *Journal of Ecology* 64, 965-974.
- Tyler, G. (1987). Probable effects of soil acidification and nitrogen deposition on the floristic composition of oak (*Quercus robur* L) forest. *Flora* 179(3): 165-170.
- Van de Haterd, R.J.W. en J.W. de Jong (2010). Bos- en struweelontwikkeling in Noordhollands Duinreservaat. Een verhoudingsstudie met remote sensing en vegetatiekarteringen. Culemborg, Bureau Waardenburg. rapport 10-003.
- Van den Berg, L.J.L., H.B.M. Tomassen, J.G.M. Roelofs en R. Bobbink (2005). Effects of nitrogen enrichment on coastal dune grassland: A mesocosm study. *Environmental Pollution* 138(1): 77-85.
- Van der Hoek, D., A. van Mierlo en J.M. van Groenendaal (2004). Nutrient limitation and nutrient-driven shifts in plant species composition in a species-rich fen meadow. *Journal of Vegetation Science* 15(3): 389-396.
- Van der Maarel, E., R. Boot, D. van Dorp, J. Rijntjes (1985). Vegetation succession on the dunes near Oostvoorne, The Netherlands; a comparison of the vegetation in 1959 and 1980. *Vegetatio* 58, 137-187.
- Van der Putten, W. H. (1989). Establishment, growth and degeneration of *Ammophila arenaria* in coastal sand dunes. Landbouwuniversiteit Wageningen. Dissertatie.
- Van Diggelen, R., W.J. Molenaar en A.M. Kooijman (1996). Vegetation succession in a floating mire in relation to management and hydrology. *Journal of Vegetation Science* 7, 809-820.
- Van Dobben, H.F., A. Barendregt, N.A.C. Smits, R. van 't Veer (2012). Herstelstrategie H7140B: Overgangs- en trilvenen (Veenmosrietlanden), In Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II. Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. pp. 716-728. Alterra Wageningen UR/Programmadirectie Natura 2000, Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie, Wageningen/Den Haag.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink en D. Bal, (2012). Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Wageningen, Alterra: 68 pp.
- Van Duren, I.C., R.J. Strykstra, A.P. Grootjans, G.N.J. ter Heerdt, D.M. Pegtel (1998). A multidisciplinary evaluation of restoration measures in a degraded *Cirsio-Molinietum* fen meadow. *Applied Vegetation Science* 1, 115-130.
- Van Tiel, M. en A. Kooijman (2007). Rapid improvement of grey dunes after shallow sod cutting restoration of coastal ecosystems. *M. Isermann en K. Kiehl*. 7: 53-60.
- Van Vuuren, M. M. I., R. Aerts, F. Berendse en W. Devisser (1992). Nitrogen mineralization in heathland ecosystems dominated by different plant-species. *Biogeochemistry* 16(3): 151-166.
- Verbeek, P.J.M., de Graaf, M., Scherpenisse, M.C. 2006. Verkennende studie naar de effecten van drukbegrazing met schapen in droge heide. Effectgerichte maatregel tegen vermessing in droge heide. Rapport DK nr.2006 /dk038. Ministerie van LNV, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij, Ede. 51pp.
- Veer, M.A.C. en A.M. Kooijman (1997). Effects of grass-encroachment on vegetation and soil in Dutch dry dune grasslands. *Plant and Soil* 192: 119-128.

- Vermeer, J.G. en F. Berendse (1983). The relationship between nutrient availability, shoot biomass and species richness in grassland and wetland communities. *Vegetatio* 53(2): 121-126.
- Wells, T.C.E. (1969). 2nd Lowland Grassland Habitat Team Meeting, Nature Conservancy. unpubl. mimeographed report. London: 35-40.
- Willems, J.H. (1981). Observations on north-west European limestone grassland communities: an experimental approach to the study of species diversity and above ground biomass in chalk grassland *Proc. K.N.A.W*(83): 279-306.
- Wuyts, K., A. De Schrijver, F. Vermeiren en 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(2): 679-687.
- Wuyts, K., A. De Schrijver, J. Staelens, L. Gielis, J. Vandenbruwane en K. Verheyen (2008). Comparison of forest edge effects on throughfall deposition in different forest types. *Environmental Pollution* 156(3): 854-861.
- Zwerver, K. en R. Veldhuizen (2014). Zeetoegang IJmond, Deelrapport Natuur (versie 5), Haskoning DHV Nederland B.V. BB3986: 171.

