Naar een Actieplan Heischrale graslanden

Hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland?

Friso van der Zee, Roland Bobbink, Roos Loeb, Michiel Wallis de Vries, Gerard Oostermeijer, Sheila Luijten en Maaike de Graaf

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Naar een Actieplan Heischrale graslanden

Hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland?

Friso van der Zee[1], Roland Bobbink[2], Roos Loeb[2], Michiel Wallis de Vries[3], Gerard Oostermeijer[4], Sheila Luijten[4] en Maaike de Graaf[5]

1 Wageningen Environmental Research (Alterra)
2 Onderzoekscentrum B-Ware
3 De Vlinderstichting
4 Science4Nature
5 HAS Hogeschool Den Bosch

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (Alterra) in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Themanaam' (projectnummer BO-11-019.01-031).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, mei 2017

Rapport 2812
ISSN 1566-7197

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Zee, F.F. van der, R. Bobbink, R. Loeb, M.F. Wallis de Vries, J.G.B. Oostermeijer, S.H. Luijten en M. de Graaf. 2017. *Naar een Actieplan Heischrale graslanden; Hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland?* Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2812. 136 blz.; 34 fig.; 10 tab.; 63 ref.

Referaat
Heischraal grasland is een van oorsprong soortenrijk ecosysteem in het zandlandschap, het heuvellandschap en de duinen. De staat van instandhouding van de habitattypen H6230 en H2130C (waar dit ecosysteem in Nederland wordt verdeeld) is slecht, met name de droge varianten. Dat is extra zorgelijk, omdat het om prioritaire habitattypen gaat, dat wil zeggen dat er extra aandacht moet zijn voor het zo spoedig mogelijk bereiken van een gunstige staat van instandhouding. Er is landelijk gezien nog maar 30-40 ha redelijk ontwikkeld heischraal grasland over. Veel heischrale graslanden, ook die er qua soortensamenstelling nog relatief goed uitzien, zijn sterk verzuurd. Door menselijke aanvoer van eerst zwavel en nu stikstof is de zuurbuffering in de bodem ernstig aangetast, en monitoring van de stikstofbelasting laat zien dat deze nog nauwelijks is verminderd.

Abstract
Species-rich Nardus grasslands is an originally species-rich habitat type in the sand landscape of The Netherlands. The state of conservation of habitat types H6230 and H2130C (this ecosystem in the Netherlands) is poor, especially the dry variants. This is particularly worrying because these are priority habitat types. That means that extra attention must be paid to achieving a favourable state of conservation as soon as possible. In the Netherlands only 30-40 hectares of species rich Nardus grassland are left. Many Nardus grasslands, which look still relatively good in terms of species composition, are highly acidified. Due to deposition of sulfur in 1970-1990 and nitrogen nowadays, the acid buffer in the soil is severely affected. Monitoring of nitrogen deposition data show that these levels are hardly reduced.

Trefwoorden: heischraal grasland, stikstof depositie, bodem, buffering, beheer, steenmeel

Dit rapport is gratis te downloaden van http://dx.doi.org/10.18174/415349 of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar ‘Wageningen Environmental Research’ in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2016 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research Rapport 2812 | ISSN 1566-7197

Dit rapport is gereviewd door dr. Ir. N.A.C. Smits (Wageningen Environmental Research)

Foto omslag: Valkruid, Havelte (foto Hans Dekker, provincie Drenthe)

Inhoud

Inhoud 3

Samenvatting 5

1 Inleiding 9

1.1 Aanleiding 9
1.2 Achtergrond 9
1.2.1 Heischrale graslanden 10
1.2.2 Vier typen 10
1.2.3 Abiotiek 10
1.2.4 Aantasting en herstelmogelijkheden 11
1.2.5 Biotische problemen 11
1.3 Probleemstelling 12
1.4 Projectdoelstelling en onderzoeksvragen 13
1.5 Onderzoeksconsortium en begeleidingscommissie 14

2 Methode 15

2.1 Veldonderzoek 15
2.1.1 Locaties 15
2.1.2 Vegetatieopnamen, bodemmonsters en beheer 16
2.2 Analyse 16
2.2.1 Vegetatie 16
2.2.2 Bodemchemie 17
2.3 Analyse levensvatbaarheid meest kritische habitatspecifieke soorten 18
2.4 Analyse fauna 19
2.4.1 Soortenkeuze 19
2.4.2 Voorkomen en trends 20
2.5 Verspreiding karakteristieke soorten 21

3 Relatie bodem – vegetatie 22

3.1 Oppervlakte heischraal grasland in Nederland 22
3.2 Verspreiding en achteruitgang heischrale soorten in Nederland 23
3.3 Vegetatie 24
3.4 Relatie bodemchemie en vegetatie 25
3.4.1 Abiotiek verschillende typen heischrale graslanden 25
3.4.2 Abiotiek en kwaliteit Associatie van Liggend walstro en Schapengras 28
3.4.3 Soortensamenstelling en bodemkwaliteit 30
3.5 Veranderingen in de heischrale vegetatie in EGM-terreinen over de laatste 20 jaar 34
3.6 Veranderingen in EGM-terreinen 37
3.6.1 Schaopedobbe 37
3.6.2 De Borkeld 40
3.6.3 Havelte Arnicaveld 42
3.6.4 Havelte Kleine Startbaan 44
3.6.5 Brecklenkampse veld 45
3.6.6 Gasterense Duinen 49
3.6.7 Havelterberg ('Hunehuis') 50
3.7 Beheer 52
3.8 Samenvatting vegetatie en bodemchemie 53

4 Levensvatbaarheid meest kritische habitatspecifieke soorten 54

4.1 Componenten van de levensvatbaarheid 54
4.1.1 Rozenkransje 54
4.1.2 Kleine schorseneer 58
4.1.3 Knollathyrus 61
4.2 Knelpunten in de levensvatbaarheid 63
4.2.1 Rozenkransje 63
4.2.2 Kleine schorseneer 63
4.2.3 Knollathyrus 64
4.2.4 Globale inschatting gevoeligheid voor afname levensvatbaarheid 65
4.3 Herstel van de levensvatbaarheid 67
4.3.1 Habitatherstel 67
4.3.2 Herstel genetische diversiteit 67
4.3.3 Kweekprogramma 68

5 Fauna 70

5.1 Beschouwde diersoorten 70
5.2 Voorkomen in Nederland 71
5.3 Voorkomen in N2000-gebieden met heischraal grasland 74
5.4 Trends sinds 1990 in relatie tot oppervlakte 77
5.5 Knelpunten voor de typische fauna 78
5.6 Kansen voor de typische fauna 80
5.7 Aanbevelingen voor de fauna 82

6 Synthese en aanbevelingen 83

6.1 Inleiding 83
6.2 Herstel habitatkwaliteit 84
6.3 Vergroting van het areaal 85
6.4 Levensvatbaarheid bedreigde plantensoorten 86
6.5 Herstel kenmerkende faunasoorten 87
6.6 Evaluatie herstelstrategieën 88

7 Actieplan: plan van aanpak 91

7.1 Aanvullende kwantificering 91
7.2 Veldexperimenten en -pilots 92
7.3 Kweekprogramma en ‘genetic rescue’-acties 93
7.4 Voedselkwaliteit en toediening steenmeel 93
7.5 Populatieversterking en herintroductie 93
7.6 Landschapsbenadering 94
7.7 Ten slotte 94

Literatuur 95

Bijlage 1 - Kwaliteitsscores heischrale soorten 98

Bijlage 2 – Vegetatieopnamen Schaopedobbe en Borkeld 2016 99

Bijlage 3 – Overzicht beheer en herstelmaatregelen van locaties met heischrale vegetaties 100

Bijlage 4 – Ontwikkeling soortenaantallen in 5 EGM terreinen 1990-2016 102

Bijlage 5 – PCA van de omgevingsvariabelen waarin de locaties van de opnames zijn geplot 103

Bijlage 6 – Verspreidingskaartjes Heischrale soorten 104

Samenvatting

Aanleiding

Heischraal grasland is een van oorsprong soortenrijk ecosysteem in het zandlandschap, het heuvellandschap en de duinen. Het komt voor op plekken die enige buffering hebben door bijvoorbeeld de aanwezigheid van (kei)leem of door aanvoer van bufferende stoffen langs bijv. schapendriften of via grondwater. Heischrale graslanden behoren tot twee Europees beschermde habitattypen: het prioritaire habitattype Heischrale graslanden (H6230), dat voorkomt in alle drie de genoemde regio's, en het heischrale subtype van Grijze duinen (H2130C), dat alleen voorkomt in de Duinen. De staat van instandhouding van heischrale graslanden in Nederland is dramatisch slecht, met name de droge varianten. Dat is extra zorgelijk, omdat het om prioritaire habitattypen gaat, dat wil zeggen dat er extra aandacht moet zijn voor het zo spoedig mogelijk bereiken van een gunstige staat van instandhouding. Hoewel deze habitattypen in ons land al met al een groot verspreidingsgebied beslaan, is het voorkomen zeer versnipperd en de oppervlakte dienovereenkomstig gering. Een groot deel hiervan ligt binnen de Natura 2000-gebieden. Veel heischrale graslanden, ook die er qua soortensamenstelling nog relatief goed uitzien, zijn sterk verzuurd. Door menselijke aanvoer van eerst zwavel en nu stikstof is de zuurbuffering in de bodem ernstig aangetast, en monitoring van de stikstofbelasting laat zien dat deze nog nauwelijks is verminderd. Veel van de karakteristieke soorten komen nog slechts in weinig kleine en geïsoleerde en daardoor verminderd levensvatbare populaties voor. Een actieplan heischrale graslanden is nodig om dit bedreigde habitattype en zijn kenmerkende biodiversiteit te behouden voor Nederland. Doel van dit project was om de weg daarnaartoe aan te geven. Het geeft een overzicht van de landelijk staat van heischrale graslanden (abiotisch en biotisch), het brengt in beeld welke soorten en gebieden het meest bedreigd zijn en waar en hoe het mogelijk hersteld zou kunnen worden.

Achteruitgang

Op basis van dit onderzoek is geschat dat het totale oppervlak redelijk tot goed ontwikkeld heischraal grasland in Nederland op dit moment (2016) maximaal 30-40 ha bedraagt. Lang niet alle habitats H6230 in Natura 2000 gebieden kunnen vegetatiekundig nog tot heischraal grasland gerekend worden. In de droge heischrale graslanden bepalen de pH en buffering sterk de kwaliteit van de graslanden. Onder verzuurde en geëutrofieerde omstandigheden komen alleen nog soortenarme rompgemeenschappen voor. Veel van de heischrale graslanden zijn de laatste 20 jaar verder in kwaliteit achteruitgegaan. Maar op locaties die 25 jaar geleden geplagd en bekalkt zijn, was deze achteruitgang beperkt. Zelfs tot voor kort algemene soorten van heischraal grasland, zoals Tandjesgras, Borstelgras en Hondsviooltje, zijn in Nederland sterk afgenomen. Ook de voor heischrale graslanden kenmerkende populatie insecten gaat sterk achteruit. Uit de trendanalyse in relatie tot oppervlakte komt duidelijk naar voren dat faunapopulaties in kleinere leefgebieden een groter risico lopen om te verdwijnen.

Herstel habitatkwaliteit

Op veel plekken is de buffering van de bodem niet meer voldoende. Herstel van de buffercapaciteit is een voorwaarde voor herstel van heischrale graslanden. Bekalking in aanvulling op plaggen kan essentieel zijn om op korte termijn lokaal verlies van ernstig bedreigde plantensoorten te voorkomen. Maar ook zonder plaggen is het waarschijnlijk dat kleinschalige toepassing van Dolokal rond restpopulaties in gedegradeerde droge heischrale graslanden toegepast kan worden met positieve effecten voor de bodemkwaliteit. Voor de langere termijn is de hoop gevestigd op het toedienen van steenmeel voor het weer op peil brengen van de basenverzadiging van de bodem. Deze maatregel is momenteel nog niet praktijkrijp, maar er lopen sinds 2016 twee experimenten met toediening van steenmeel in verzuurd, droog heischraal grasland. Geadviseerd wordt om het toedienen van steenmeel als hypothetische maatregel toe te voegen aan de herstelstrategieën in het kader van de PAS.

Vergroting van het areaal

Heischraal grasland is een prioritair habitattype. Naast kwaliteitsverbetering van bestaande droge heischrale graslanden heeft Nederland zich ook ten doel gesteld om de oppervlakte heischrale graslanden aanzienlijk te vergroten. Deze uitbreiding kan gerealiseerd worden op voormalige landbouwgronden in het droge zandlandschap die tot natuur omgevormd worden. Dit heeft als voordeel dat deze zandgronden door jarenlange agrarische bekalking bijna altijd goed gebufferd zijn, in tegenstelling tot de bodems in het heidelandschap zelf. Voorwaarde voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op landbouwgronden is wel dat er bij de herinrichting voldoende nutriënten (met name fosfaat) zijn afgevoerd, bijvoorbeeld door ontgronding of uitmijnen. De afwezigheid van plantensoorten van heischrale graslanden, zowel in de zaadvoorraad als in de directe omgeving van de her in te richten voormalige landbouwgronden, is meestal een probleem. Een begin kan gemaakt worden om vers maaisel uit goed ontwikkeld heischraal grasland en/of zaden van vitale soorten aan te brengen. Hiermee kunnen de meer algemene heischrale soorten, zoals schapengras, ingebracht worden en voorkom je dat alleen een vegetatie van makkelijk verspreidende soorten uit het cultuurlandschap ontstaat.

Levensvatbaarheid bedreigde soorten

Bij veel soorten zijn de populaties zó klein geworden dat ze reeds een belangrijk deel van de genetische diversiteit hebben verloren. Dit leidt bijv. tot een extreme afname van de voortplantingscapaciteit, zoals bij Rozenkransje (populaties die maar uit één geslacht bestaan) en Kleine schorseneer. Het opbrengen van maaisel van een donorgebied bij herstel op voormalige landbouwgrond werkt weliswaar voor algemenere soorten met nog grote populaties, maar is te weinig effectief voor echt bedreigde plantensoorten. Specifiekere acties, inclusief ex-situvergroting van de vaak te geringe, maar wel gebiedseigen genetische diversiteit, zijn noodzakelijk voor het bereiken van de gewenste doelen voor de (ernstig) bedreigde planten uit het droge heischrale milieu. Na aanvullend onderzoek naar o.a. knelpunten in de levensvatbaarheid en genetische risico's, kan een kweekprogramma voor de urgentst bedreigde plantensoorten worden opgezet. Vervolgens kunnen deze worden geherintroduceerd in terreinen waarvan de habitatkwaliteit duurzaam is hersteld. Een kweekprogramma heeft tevens als voordeel dat slechts eenmalig zaad in kwetsbare restpopulaties hoeft te worden verzameld. Vaak kan zaad zelfs alleen nog na handmatige bestuiving worden verkregen.

Ook voor de fauna kan herintroductie noodzakelijk zijn als sluitstuk op de uitvoering van grootschalig herstel van abiotiek en vegetatie. Dit vergt echter een gedegen, projectmatige opzet om mislukkingen te voorkomen. Ook bij de fauna geldt dat de resterende vitale populaties niet zomaar gebruikt kunnen worden als bronnen voor versterkingen of herintroducties elders. Juist bij soorten met een korte levenscyclus kan wegvangen van te grote aantallen uit het veld populaties direct in gevaar brengen. Belangrijk is het toetsen van de potentiële geschiktheid van een gebied. Hoe is de groei en overleving van de kenmerkende faunasoorten in relatie tot kwaliteit voedselplanten, stikstofbelasting en verzuring? Vervolgens kunnen op basis van die informatie kweekproeven worden uitgevoerd.

Naar een actieplan

De huidige status van het droge heischraal grasland vraagt om gecoördineerde en geïntegreerde acties om tot een landelijk herstel van dit prioritaire habitattype te komen. Doel is om een actieplan op te stellen, waarvan zo veel mogelijk bestaande terreinen met heischraal grasland, natuurontwikkelingsterreinen en habitatspecifieke planten- en diersoorten kunnen profiteren. De volgende aanpak kan in onze ogen binnen 5-10 jaar leiden tot een aanzienlijke kwaliteitsverbetering in het heischrale milieu:

1. Aanvullende kwantificering van a) de knelpunten in de abiotiek van alle terreinen met heischraal grasland, b) levensvatbaarheid van de nog aanwezige populaties van de bedreigde, habitatspecifieke soorten, en c) inventarisatie van het verlies van genetische kwaliteit in resterende populaties van 4-5 kenmerkende vlindersoorten;
2. Opzetten en uitvoeren van veldexperimenten en -pilots om de buffercapaciteit van de bodem op te laden en geschikt te maken voor planten- en diersoorten van heischrale graslanden;
3. Ex situ vermeerderen van de genetische diversiteit van bedreigde planten- en – indien nodig – diersoorten uit het heischrale milieu via een kweekprogramma t.b.v. 'genetic rescue'-acties;

4. Uittesten of de experimentele steenmeeltoediening voldoende werkzaam is om de voedselkwaliteit van de vegetatie zodanig te verbeteren dat dit ook tot populatieversterking van de kenmerkende insectensoorten leidt;
5. Herintroducties van populaties in terreinen waar ze waren uitgestorven, uiteraard alleen nadat de abiotiek op orde is gebracht;
6. Per terrein vaststellen van het benodigde pakket van herstelmaatregelen en advisering over de optimale uitvoering van regulier beheer.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Heischraal grasland is een van oorsprong soortenrijk ecosysteem op de Hogere zandgronden. Het komt voor op plekken die enige buffering hebben door bijvoorbeeld de aanwezigheid van (kei)leem of door aanvoer van bufferende stoffen langs bijv. schapendriften of via grondwater. Door menselijke aanvoer van eerst zwavel en nu stikstof is de zuurbuffering in de bodem van dit habitattype ernstig aangetast, en monitoring van de stikstofbelasting laat zien dat nog nauwelijks vermindering daarvan heeft plaatsgevonden. Daarnaast zijn heischrale graslanden verruigd door vermesting en ammoniumophoping.
Heischrale graslanden behoren tot twee Europees beschermde habitattypen: het prioritaire habitattype Heischrale graslanden (H6230), dat voorkomt in alle drie de genoemde regio's, en het heischrale subtype van Grijze duinen (H2130C), dat alleen voorkomt in de Duinen.

Hoewel deze habitattypen in ons land al met al een groot verspreidingsgebied beslaan, is het voorkomen zeer versnipperd en de oppervlakte dienovereenkomstig gering en steeds kleiner wordend. Een groot deel hiervan ligt binnen de Natura 2000-gebieden (en heeft de aandacht van de Programmatische Aanpak Stikstof), maar ook daarbuiten komen nog belangrijke locaties voor. Ook de locaties buiten de Natura 2000-gebieden zijn noodzakelijk om het landelijke oppervlak te behouden (en uit te breiden tot een gunstige staat van instandhouding is bereikt). Recent onderzoek van Stichting Science4Nature en Onderzoekcentrum B-Ware laat zien dat zeer veel heischrale graslanden, ook die er qua soortensamenstelling nog relatief goed uitzien, sterk verzuurd zijn, met significante afname van basische kationen en toename van aluminium. Daarnaast zijn op veel plaatsen door voedselrijker worden en onvoldoende beheer heischrale graslanden verruigd en overgegaan in niet-kwalificerende rompgemeenschappen.

Een actieplan heischrale graslanden is nodig om dit bedreigde habitattype te behouden voor Nederland. Doel van dit project is om te komen tot zo'n actieplan. Het geeft een overzicht van de landelijk staat van heischrale graslanden (abiotisch en biotisch), het brengt in beeld welke soorten en gebieden het meest bedreigd zijn en waar en hoe het mogelijk hersteld zou kunnen worden. Dit rapport focust op de droge heischrale graslanden van de Hogere zandgronden.

1.2 Achtergrond

(uit R. Loeb et al. 2013)

Heischrale graslanden zijn in Europa wijdverspreid en komen over grote oppervlakten voor in gebergten, zowel onder natuurlijke omstandigheden boven de boomgrens, als daaronder, als halfnatuurlijke vegetatie. Op zwak-zure bodems nemen ze in deze berggebieden grote oppervlaktes in en blijven onder extensief beheer van maaien of begrazing langdurig in stand. In het Noordwest-Europese laagland zijn ze betrekkelijk zeldzaam tot zeldzaam en beperkt tot relatief kleine oppervlakten, waarbij de soortenrijkere varianten vooral op plaatsen met wat meer buffering in de bodem worden of werden aangetroffen (Janssen & Schaminée, 2003; Decleer *et al.* 2007). In het laagland is in de twintigste eeuw na de introductie van kunstmest en intensivering van de landbouw een zeer groot deel omgezet in intensief gebruikte landbouwgrond. De resterende heischrale graslanden zijn daardoor nu bijna allemaal gelegen in natuurreservaten. Nederland ligt centraal in het verspreidingsgebied van de laaglandvorm van heischrale graslanden en in ons land komt (of kwam) naar verhouding een betrekkelijk groot oppervlakte ervan voor. Daarom is de Europese betekenis van onze heischrale graslanden groot.

1.2.1 Heischrale graslanden

In Nederland blijken hydrologie, zuurgraad of buffercapaciteit en het voedingsstoffenaanbod de bepalende, sturende factoren te zijn voor de vegetatiesamenstelling van heide en heischrale graslanden (o.a. Schaminée *et al.* 1996; Bobbink, 2008; de Graaf *et al.* 2009). Heischrale graslanden of Borstelgraslanden zijn vegetaties op voedselarme, droge tot natte, meestal zwak zure, vaak wat lemige zandbodems. Grassen bepalen het aspect van de begroeiing, maar kruiden en heidestruiken kunnen eveneens talrijk zijn. In het heidelandschap vallen ze vanouds op als de grazige, soortenrijke locaties (Weeda *et al.* 2002).

Heischrale graslanden zijn laagblijvende, gesloten vegetaties met grasachtige soorten als Borstelgras (*Nardus stricta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Fijn schapengras (*Festuca tenuifolia*) en Gewone veldbies (*Luzula campestris*), waarin laagblijvende kruiden als Tormentil (*Potentilla erecta*), Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*), Gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*), Valkruid (*Arnica montana*), Liggende vleugeltjesbloem (*Polygala serpyllifolia*), en Muizenoor (*Hieracium pilosella*) voorkomen. Dwergstruiken als Struikheide (*Calluna vulgaris*) en Gewone dophei (*Erica tetralix*) komen ook voor, maar domineren zeker niet in heischrale graslanden.
Drogere heischrale graslanden worden behalve door de genoemde soorten gekenmerkt door het voorkomen van Liggend walstro (*Galium saxatile*), Hondsviooltje (*Viola canina*), Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*), Rozenkransje (*Antennaria dioica*) en Gelobde Maanvaren (*Botrychium lunaria*). Meer algemene soorten zijn Grasklokje (*Campanula rotundifolia*) en Pilzegge (*Carex pilulifera*).

Karakteristiek voor de natte heischrale graslanden zijn soorten als Heidekartelblad (*Pedicularis sylvatica*), Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), Gevlekte orchis (*Dactylorhiza maculata*) en Welriekende nachtorchis (*Plantanthera bifolia*). Ook soorten van de natte heide, zoals Gewone dopheide, Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) en Beenbreek (*Narthecium ossifragum*), behoren tot de karakteristieke vegetatie. Algemene soorten zijn Blauwe zegge (*Carex panicea*), Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en Moerasstruisgras (*Agrostis canina*). Naarmate de bodem sterker gebufferd raakt, gaat het natte heischrale grasland over in blauwgrasland. Er bestaat geen scherpe grens tussen beide. Voor een compleet overzicht van plantensoorten in heischrale graslanden, zie Swertz *et al.* (1996).

1.2.2 Vier typen

De heischrale graslanden van Nederland behoren syntaxonomisch tot de klasse der heischrale graslanden (Nardetea 19), verbond der heischrale graslanden (Nardo-Galion saxatile 19Aa). Er worden vier typen (associaties) onderscheiden in Nederland (Swertz *et al.* 1996). De vegetatie van de droge heischrale graslanden in het Pleistocene zandlandschap behoort tot de Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1), terwijl de Associatie van Maanvaren en Liggende vleugeltjesbloem (19Aa3) het droge heischrale grasland van het duinlandschap is. Vegetatiekundig worden de natte heischrale graslanden gerekend tot de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2) (zelfde verbond en klasse). In het Zuid-Limburgse heuvelland komen heischrale graslanden voor op gradiënt van kiezelkop- naar kalkgrasland. Dit betreft de Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel (19Aa4). Heischrale graslandplanten voeren de boventoon in deze gemeenschap, maar ook kalkgraslandsoorten komen voor, onder meer Gevinde kortsteel (*Brachypodium pinnatum*). Dit is duidelijk het meest gebufferde type van de vier associaties in Nederland (Smits *et al.* 2009).

Soortenrijke heischrale graslanden in het laagland behoren tot het Natura 2000-habitattype Heischrale graslanden (H6230). Dat is een zogenoemd 'prioritair' type waarvan de bescherming bijzondere voorrang krijgt (Janssen & Schaminée, 2003; Decleer *et al.* 2007).

1.2.3 Abiotiek

Kenmerkend voor heischrale graslanden is dat de pH van de bodem waarop zij voorkomen zich bevindt tussen pH 4,5-6 en er zuurbuffering plaatsvindt door kationuitwisseling. Goed ontwikkelde heischrale graslanden hebben een lage aluminium/calcium-verhouding (Al/Ca-verhouding) in het bodemvocht als gevolg van deze kationenbuffering. Bij bodemverzuring neemt het aluminiumgehalte in het bodemvocht toe en daalt de uitwisselbare calciumconcentratie: het gevolg is dat de Al/Ca-

verhouding stijgt. Hoge Al/Ca-verhoudingen worden in goed ontwikkelde heischrale vegetaties niet aangetroffen. Stikstof komt in de bodems van de standplaatsen van het heischraal grasland meestal voor als nitraat of een mengsel van nitraat en ammonium. Verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem zijn, zeker in combinatie met een lage pH, vaak negatief voor de groei en ontwikkeling van kenmerkende heischrale plantensoorten, zoals Valkruid (De Graaf *et al.* 1998). In de meeste situaties wordt de groei van de vegetatie beperkt door stikstof, al kan in natte heischrale graslanden ook fosfaat mede van invloed zijn (o.a. Bobbink *et al.* 1998; De Graaf, 2000).

Het onderscheid tussen droge en natte heischrale graslanden is uiteraard gebaseerd op de hydrologie. De natte heischrale graslanden worden ten minste gedurende één periode van het jaar beïnvloed door lokaal, licht gebufferd grondwater. De grondwaterstand bevindt zich dan gemiddeld 10 à 30 cm beneden het maaiveld, terwijl in droge perioden dalingen tot op meer dan 1 m diepte beneden het maaiveld optreden. De droge heischrale graslanden liggen in intrekgebieden en zijn voor hun buffering vooral afhankelijk van leemhoudend of minder verweerd bodemmateriaal. Menselijke activiteiten zoals het graven van leemkuilen kunnen zeker hebben bijgedragen tot deze meer gebufferde situaties.

1.2.4 Aantasting en herstelmogelijkheden

De resterende droge heischrale graslanden van het Pleistocene zandlandschap zijn nu vrijwel volledig gelegen in natuurterreinen, maar de eens zo rijke flora en fauna is echter sinds de Tweede Wereldoorlog toch ernstig achteruitgegaan (o.a. Van Dam *et al.* 1986). Heischrale graslanden zijn namelijk zeer gevoelig voor de negatieve gevolgen van atmosferische N-depositie. Vooral bodemverzuring (hoge concentraties Al, lage hoeveelheden basische kationen), verschuivingen in concurrentiepositie door vermesting ("vergrassing") en hoge concentraties ammonium zijn hiervoor verantwoordelijk (o.a. De Graaf, 2000; Van den Berg *et al.* 2005; Stevens *et al.* 2010; Dorland *et al.* 2011). Dit alles betekent dat de gevoeligheid van heischrale graslanden voor atmosferische N-depositie hoog is, d.w.z. hun kritische depositiewaarde (KDW) is laag (12 kg N ha^{-1} jr^{-1} voor 19Aa1, 19Aa3 en 19Aa4, 10 kg N ha^{-1} jr^{-1} voor 19Aa2) (Smits *et al.* 2014). In een recente Europese studie in droge heischrale graslanden is inderdaad aangetoond dat de soortenrijkdom van de vegetatie sterk verminderd is in streken waar de atmosferische N-depositie hoger is dan de KDW (Stevens *et al.* 2010).

Verbetering van de interne kwaliteit van nog aanwezige droge heischrale graslanden via herstelbeheer (EGM/OBN) is een moeizaam proces, omdat vrijwel altijd een combinatie van maatregelen vereist is, namelijk kleinschalig plaggen met uitsparing van restpopulaties, met daarnaast bekalking om de buffercapaciteit te herstellen. De abiotiek is dan veelal adequaat en langdurig te herstellen, maar de meeste verdwenen Rode-Lijstsoorten uit het heischrale milieu komen niet terug (o.a. Dorland *et al.* 2003; Bobbink *et al.* 2004, Smits *et al.* 2014).

1.2.5 Biotische problemen

Dispersie

Het na herstel van de abiotiek niet herstellen of terugkeren van veel karakteristieke soorten van heischrale graslanden heeft een aantal oorzaken die in de populatiebiologie van de soorten liggen. Veel plantensoorten hebben sterk te lijden van de versnippering van hun leefgebieden, waardoor verspreiding van zaden tussen terreinen nagenoeg uitgesloten is. Dit dispersieprobleem geldt ook voor minder mobiele diersoorten, en zelfs de mobiele soorten hebben problemen met migratie wanneer de 'matrix' waarin de resterende natuurgebieden zijn ingebed te vijandig is.
Wanneer populaties geheel verdwenen zijn (lokale extinctie), kan alleen verspreiding zorgen voor herkolonisatie. Sommige planten hebben nog een langlevende zaadvoorraad in de bodem, maar dit zijn doorgaans de kortlevende soorten. De meeste achteruitgaande karakteristieke soorten van heischraal grasland zijn overblijvend, langlevend en bloeien meerdere malen tijdens hun leven. Deze soorten hebben doorgaans een bovengrondse "adultenbank" en geen zaadbank in de bodem. Wanneer de volwassen planten dus bovengronds zijn verdwenen, betekent dat dus in de meeste gevallen dat er herkolonisatie van elders moet plaatsvinden. Dat laatste geldt ook voor insectensoorten als dagvlinders, die afhankelijk zijn van herkolonisatie als een populatie lokaal is uitgestorven.

Afnemende populatiegrootte en toenemende isolatie
Wanneer populaties kleiner worden en verder geïsoleerd raken van andere populaties krijgen ze te maken met (a) problemen met de interacties met andere soorten als (bij planten) bloembezoekers, (b) problemen met het vinden van een paringspartner (zowel a als b staat bekend als het zgn. Allee-effect), en (c) met inwendige problemen als verlies van genetische diversiteit en inteelt (Oostermeijer *et al.* 1998). Door (a) en (b) neemt het voortplantingssucces af, bij planten in de vorm van een lagere zaadproductie en meer zelfbestuiving, maar ook bij dieren door minder goede bevruchting van eitjes. Bij zelf-incompatibele planten zorgt de genetische erosie genoemd onder (c) al direct voor minder compatibele kruisingspartners, waardoor de gemiddelde zaadzetting sterk kan afnemen. Bij dieren (maar ook tweehuizige planten!) ontstaat door verlies van genetische diversiteit vaak een scheve seks-ratio, waardoor er soms niet voldoende mannetjes zijn om alle vrouwtjes te bevruchten, of niet voldoende vrouwtjes om bevrucht te worden. Verlies van genetische diversiteit zorgt daarnaast voor een verminderd vermogen tot aanpassing aan veranderde milieuomstandigheden, terwijl herstelbeheer – hoe succesvol ook – juist vaak tot flinke veranderingen leidt. Inteelt veroorzaakt daarnaast een sterke afname van de kiemings- en vestigingscapaciteit, de groei en de voortplanting van de geproduceerde nakomelingen, zodat populaties helemaal niet op herstelbeheer (van bijv. de bodem) kunnen reageren. Ook dat verklaart voor een belangrijk deel waarom soorten van heischraal grasland het moeilijk hebben in het versnipperde heidelandschap.

1.3 Probleemstelling

Inmiddels wordt er voor sommige bedreigde soorten, zoals Rozenkransje en Kleine schorseneer, actie ondernomen. Deze zijn inmiddels zo zeldzaam geworden dat er geen andere mogelijkheden meer overblijven dan op maat gemaakte soortbeschermingsplannen. In deze extreme gevallen (soorten met nog één of enkele restpopulaties) zorgen de beperkte genetische diversiteit en inteelt o.m. voor minder weerstand tegen hoge stikstofbelasting en verzuring. Hier worden kweekprogramma's gebruikt, om de beperkte diversiteit die nog over is in het lab zo effectief mogelijk te kunnen behouden en de soorten te vermeerderen en terugbrengen in het terrein. Ook individuele terreinbeheerders proberen via gerichte acties populaties van bedreigde soorten te herstellen. Dit kan uiteindelijk echter leiden tot een te sterke focus op individuele soorten en een onoverzichtelijk scala aan soortspecifieke maatregelen in het habitattype. Door gebrek aan coördinatie ontbreekt het overzicht, zijn de beheeracties niet altijd doordacht en ontbreekt het inzicht wat er goed en fout gaat en waarom.

Het is daarom beter om het herstel van heischrale graslanden in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) systeembreed aan te pakken, zodat er gezamenlijk een eenduidig en overzichtelijk actieplan opgesteld kan worden waarvan alle bestaande terreinen, natuurontwikkelingsterreinen en habitatspecifieke soorten tegelijkertijd kunnen profiteren.

Er zijn herstelmogelijkheden. De abiotische omstandigheden (o.a. buffercapaciteit) zijn essentieel en zitten in veel heischrale graslanden op de grens waar heischrale vegetaties nog voor kunnen komen. In sterk verzuurde terreinen kan de buffercapaciteit weer opgeladen worden met behulp van bekalking (in combinatie met kleinschalig plaggen rond restpopulaties) of mogelijk m.b.v. steenmeel zonder plaggen. De effectiviteit van steenmeel is nog nauwelijks onderzocht in het heidelandschap (daarom is het nog geen erkende herstelmaatregel), maar onderzoek ernaar is recentelijk op diverse plaatsen in OBN-verband opgestart. Dit betreft echter verzuurde droge en natte heide en geen heischraal grasland. Ook bestaat er soms weerstand tegen het gebruik van onconventionele maatregelen, zoals bekalking met Dolokal of steenmeel. Doorgaans worden herstelmaatregelen genomen als de achteruitgang al zichtbaar is ingezet. Het is echter verstandig om niet te wachten met het nemen van maatregelen, maar op basis van abiotische parameters eerder in te grijpen. De crux van dit alles is dat goed ontwikkelde heischrale graslanden in het bufferingstraject van kationenuitwisseling zitten, d.w.z. er zitten nog voldoende kationen aan het bodemadsorptiecomplex. Door toevoer van verzurende stoffen (de depositie hiervan is al wel met meer dan 50% verlaagd, maar nog ver boven de kritische waarde voor dit zwak gebufferde milieu) wordt er nog steeds een overmaat aan basische kationen uitgewisseld tegen protonen en die spoelen dan uit. De aanvulling van het complex in droge situaties (verwering mineralen, toevoer basische kationen uit de lucht) is te laag om dit proces bij te

houden. Heel geleidelijk wordt basenbezetting van het bodemadsorptiecomplex dan zo laag (10-15%) dat de bodem in de Al-bufferingrange komt en zijn er te weinig kationen en te veel aluminium en ammonium. Dat is funest voor veel doelsoorten.

1.4 Projectdoelstelling en onderzoeksvragen

Het doel voor de lange termijn is het duurzaam herstel en uitbreiding van heischrale graslanden met hun karakteristieke leefgemeenschap. Het doel voor dit project is komen tot een Actieplan herstel heischrale graslanden. Dit leidt tot de volgende onderzoeksopdracht:

1. Maak een inventarisatie van de knelpunten in de abiotiek van de belangrijkste terreinen met heischraal grasland in Nederland.
2. Maak een inventarisatie van knelpunten m.b.t. de levensvatbaarheid van de populaties van de meest kritische habitatspecifieke soorten. Het habitattype H6230 kent een aantal exclusieve (E) en kenmerkende (K) typische soorten en een constante typische soort (Cab), zie onderstaande tabel. Het betreft vier insecten en verder vaatplanten.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Kenmerkend / Exclusief
Insecten		
Aardbeivlinder	*Pyrgus malvae*	K
Tweekleurig hooibeestje	*Coenonympha arcania*	K
Veldkrekel	*Gryllus campestris*	K
Geelsprietdikkopje	*Thymelicus sylvestris*	Cab
Planten		
Betonie	*Stachys officinalis*	K
Borstelgras	*Nardus stricta*	K
Groene nachtorchis	*Dactylorhiza viridis*	K
Heidekartelblad	*Pedicularis sylvatica*	K
Heidezegge	*Carex ericetorum*	E
Herfstschroeforchis	*Spiranthes spiralis*	K
Liggend walstro	*Galium saxatile*	K
Liggende vleugeltjesbloem	*Polygala serpyllifolia*	E
Valkruid	*Arnica montana*	K
Welriekende nachtorchis	*Platanthera bifolia*	K
Tandjesgras	*Danthonia decumbens*	K

3. Herhaal de opnamen en bodemanalyses op locaties waar in de jaren negentig door B-ware en de Radboud Universiteit onderzoek is gedaan in verschillende heischrale graslanden, verspreid over Nederland en leg een relatie tussen mogelijke veranderingen in vegetatie en buffercapaciteit.
4. Zet de gebieden met OBN-maatregelen op een rijtje waar m.b.v. bekalken en plaggen in terreinen met restpopulaties goede resultaten geboekt zijn. Wat is er nu nog waarneembaar van deze maatregelen?
5. Geef een overzicht van erkende en mogelijk nieuwe maatregelen. Actualiseer indien mogelijk de herstelstrategieën voor H6230. Zijn er op basis van dit project aanpassingen nodig in de indeling hypothetisch, vuistregel en bewezen?
6. Bereid het opstarten van een aantal pilots verspreid over het land voor. In deze pilots – in overleg met de beheerders – draait het om het uitvoeren van acties, al dan niet experimenteel (bijv. steenmeel), om de buffercapaciteit van de bodem weer op te laden. Zoek naar mogelijkheden om dit onderzoek te realiseren.
7. Maak een plan voor de ex-situvermeerdering van de genetische diversiteit van de meest kritische soorten t.b.v. ‘genetic rescue’.

Afbakening

In eerste instantie werden geen soorten of gebieden uitgesloten, dus de Associatie van Maanvaren en Liggende vleugeltjesbloem (duinen) en hellingschraallanden in Limburg waar type H6230 (Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel) voorkomt, konden worden meegenomen. In de praktijk is de hoofdfocus op droge heischrale graslanden van Pleistocene zandgronden (Associatie van Liggend walstro en Schapengras en bijbehorende rompgemeenschappen) komen te liggen, natte heischrale graslanden zijn veel beter te herstellen met adequate hydrologische maatregelen. Uiteindelijk zijn heischrale graslanden van de duinen wel, maar de heischrale typen in Zuid-Limburg niet meegenomen in dit onderzoek.

1.5 Onderzoeksconsortium en begeleidingscommissie

Het in dit rapport beschreven actieplan is uitgevoerd door een onderzoeksconsortium, bestaande uit Wageningen Environmental Research (Alterra), Onderzoekcentrum B-ware, Stichting Science4Nature, De Vlinderstichting en de HAS Hogeschool in Den Bosch.

Wageningen Environmental Research (ir. Friso van der Zee) is opgetreden als hoofdaannemer en heeft de dagelijkse projectleiding van het project verzorgd. Daarnaast voerde WEnR de analyse op het gebied van vegetatie uit. Onderzoekscentrum B-ware (dr. Roland Bobbink en dr. ir. Roos Loeb) leverde de expertise op het gebied van bodemchemische processen en de kennis over de voormalige OBN-projecten. Stichting Science4Nature (dr. Gerard Oostermeijer en dr. Sheila Luijten) leverde de het plan voor de vermeerdering van de genetische diversiteit van de meest kritische habitatspecifieke soorten. De Vlinderstichting (Prof. dr. ir. Michiel Wallis de Vries) verzorgde de analyse van de fauna in heischrale graslanden. Dr. Maaike de Graaf van de HAS Hogeschool in Den Bosch voerde een groot deel van het vegetatieonderzoek uit.

Dit project is begeleid door een commissie bestaande uit de volgende personen:
Dick Bal (Ministerie van EZ)
Hans Dekker (Provincie Drenthe)
Robert Ketelaar (Natuurmonumenten)
Wiel Poelmans (Provincie Noord Brabant)
Sietske Rintjema (It Fryske Gea)
Karin Uilhoorn (Provincie Drenthe)
Robbert Wolf (Provincie Gelderland)

De auteurs willen de leden van de begeleidingscommissie hartelijk danken voor hun inzet bij dit project alsmede alle terreinbeheerders die toestemming en medewerking verleenden aan het onderzoek. Speciale dank gaat uit naar Maaike de Graaf, werkzaam bij HAS in Den Bosch, die in het kader van het actueel houden van kennis geheel belangeloos aan dit project heeft meegewerkt.

Het onderzoeksconsortium heeft in 2016 diverse bijeenkomsten gehouden om het project vorm te geven en de tussentijdse resultaten te bespreken. De begeleidingscommissie van het project is drie keer bijeengeweest: op 9 juni 2016, 21 november 2016 en 31 januari 2017.

2 Methode

2.1 Veldonderzoek

2.1.1 Locaties

Teneinde een goed beeld te krijgen van de actuele kwaliteit van heischrale graslanden is in 2016 een groot aantal terreinen met (restanten van) heischrale vegetaties bezocht. De locaties zijn op basis van de volgende criteria geselecteerd:

a. Locaties die in de periode 1990–2001 in het kader van OBN onderzoek zijn gebruikt bij diverse experimenten herstelmaatregelen, zoals plaggen, bekalking en herintroductie van sommige soorten (bijv. Valkruid). Van deze locaties waren oude vegetatieopnamen en bodemgegevens beschikbaar, wat een vergelijking in de tijd mogelijk maakte. Met behulp van gps is geprobeerd de oude locaties exact terug te vinden en dit lukte in de meeste gevallen goed. Dit betrof 8 gebieden waarin meerdere proefvelden lagen: De Borkeld, Schaopedobbe, Havelterberg (Hunehuis), Gasterense duinen, Arnicaveld Havelte Oost, Breklenkampseveld, Leemputten Staverden, Verbrande bos Staverden.

b. De meeste heischrale graslanden liggen in Natura 2000-gebieden. Van de 162 Natura 2000-gebieden zijn er 31 waarbinnen het habitattype Heischraal (H6230) is vastgesteld. Van al deze gebieden zijn kaarten gemaakt met de ligging van het habitattype H6230 omcirkeld. Wanneer het de droge variant betrof (vaak type 19Aa1 uit de Vegetatie van Nederland) en het oppervlak groot genoeg was, zijn de gebieden bezocht (zie Tabel 1). In de meeste gevallen zijn er vervolgens vegetatieopnamen gemaakt en bodemmonsters genomen. In enkele gevallen bleek er geen sprake te zijn van heischraal grasland (geen enkele kensoort aanwezig); dan werd afgezien van het maken van opnamen en het steken van bodemmonsters.

Tabel 1 *Natura 2000-gebieden waarbinnen habitattype H6230 aangewezen is. De groene gebieden zijn in het kader van dit project bezocht.*

Nummer N2000	***Gebied***	***Terrein***
4	Duinen Terschelling	
5	Duinen Ameland	Kooiduinen
15	Van Oordts Mersken	
16	Wijnjeterper Schar	
25	Drentsche Aa-gebied	Buiningerveld
26	Drouwenerzand	
27	Drents-Friese Wold & Leggelderveld	Schaopedobbe
28	Elperstroomgebied	
29	Holtingerveld (Havelte-Oost)	Havelterberg, Kleine Startbaan, Arnicaveld
30	Dwingelderveld	
32	Mantingerzand	
33	Bargerveen	
39	Vecht- en Beneden-Reggegebied	Koeland Hesselink
41	Boetelerveld	
42	Sallandse Heuvelrug	
44	Borkeld	
45	Springendal & Dal van de Mosbeek	
46	Bergvennen & Brecklenkampse Veld	
48	Lemselermaten	
49	Dinkelland	
51	Lonnekermeer	
55	Aamsveen	
57	Veluwe	Hoge Veluwe, Oud Reemst, Houtdorperveld
58	Landgoederen Brummen	
60	Stelkampsveld	
62	Willinks Weust	
85	Zwanenwater & Pettemerduinen	
155	Brunssummerheide	
156	Bemelerberg & Schiepersberg	
157	Geuldal	
159	Sint Pietersberg & Jekerdal	

2.1.2 Vegetatieopnamen, bodemmonsters en beheer

De grootte van de vegetatieopnamen in voormalige OBN-terreinen is aangepast aan de grootte van de pq's in het voorgaande onderzoek teneinde vergelijking met eerdere resultaten mogelijk te maken. In de overige terreinen zijn de opnamen gemaakt op een oppervlak van ca. 3x3 m. De aanwezige hogere plantensoorten zijn genoteerd, samen met hun bedekking volgens de 9-delige schaal van Braun-Blanquet (aangepaste Braun-Blanquet-methode, Van der Maarel, 1979). De locatie van alle opnamen is ingemeten met behulp van gps.

Monstername bodem
Monsters voor bodemchemische analyses werden genomen met behulp van een guts (diameter 4 cm) van de bovenste 10 cm van de bodem. De bodemmonsters bestonden uit mengmonsters van drie steken. Per proefvlak werden – al naar gelang de grootte van het vlak – een of twee mengmonsters genomen. Van onderzoekslocaties waar reeds recente bodemchemische analyses van beschikbaar waren, werden bestaande data gebruikt (Weijters & Bobbink, 2015a; 2015b; Weijters & Bobbink, 2016). De bodembemonstering werd gelijktijdig met de vegetatieopnamen uitgevoerd. Voor de vergelijking van de huidige bodemchemie in de terreinen waarin in het kader van EGM maatregelen zijn genomen, is gebruikgemaakt van data uit De Graaf *et al.* (2004), achterliggende data van deze publicatie (De Graaf, pers. data) en Dorland *et al.* (2000).

Beheer
Van alle locaties zijn bij de terreinbeheerders gegevens opgevraagd over het beheer van de afgelopen 10-15 jaar. Dit betrof zowel het reguliere beheer als specifieke maatregelen ten behoeve van het herstel van heischrale vegetaties zoals plaggen, bekalken, beleming, herintroductie e.d. Op basis van deze beheergegevens en de resultaten en ervaringen in dit project zijn de bestaande herstelstrategieën voor heischrale graslanden geëvalueerd.

2.2 Analyse

2.2.1 Vegetatie

De gegevens zijn ingevoerd in het programma Turboveg (Hennekens *et al.* 2001) en met behulp van de ordinatieprogramma's Twinspan (Hill, 1979) en Juice 7.0 (Tichy, 2002) verwerkt tot een geordende vegetatietabel. Om de kwaliteit van de vegetaties te kunnen beoordelen, zijn twee methoden gevolgd:

1. Met behulp van het programma Associa (onderdeel van Turboveg) is van elke opname op basis van de soortensamenstelling (overeenkomst, compleetheid, aanwezigheid 'vreemde soorten') het meest waarschijnlijke vegetatietype berekend. Goed ontwikkelde vegetaties kunnen tot op het laagste syntaxonomisch niveau, de associatie, worden benoemd. Indien de vegetatie is verarmd, bijvoorbeeld door achteruitgang van de buffercapaciteit van de bodem, zullen meer of minder kenmerkende soorten afwezig zijn. Uiteindelijk blijft dan alleen een zgn. "rompgemeenschap" over. Dit is een plantengemeenschap waarin alleen kensoorten en differentiërende soorten voorkomen van een hoger syntaxonomisch niveau dan de associatie, samen met nog begeleidende soorten. De kensoorten en differentiërende soorten eigen aan de associatie komen dan dus niet, of niet meer, voor. De door Associa berekende waarschijnlijkheden zijn handmatig beoordeeld. In de meeste gevallen werd de opname toegekend aan de associatie met de hoogste waarschijnlijkheid. In een enkel geval werd dit bijgesteld op grond van eigen inzicht.
2. Voor elke opname is een 'Kwaliteitsscore Heischraal' berekend. Hoe meer kensoorten en differentiërende soorten van heischrale vegetaties (19Aa1 t/m 19Aa4) aanwezig zijn, hoe hoger de kwaliteit. Kritische soorten verdwijnen eerder uit een gebied en komen bij toenemende zeldzaamheid op de Rode Lijst. De aanwezigheid van Rode-Lijstsoorten hebben we extra gewaardeerd. De kwaliteitsscore is als volgt berekend: kensoorten van Klasse, Verbond of Associatie krijgen elk 3 punten. Differentiërende soorten krijgen elk 1 punt. Soorten van de Rode Lijst (2012) krijgen elk 2 punten extra. Per opname is een totaalscore berekend op basis van de aanwezigheid van de soorten, waarbij de bedekking niet werd meegerekend. Dit laatste is gedaan, omdat enkele differentiërende soorten zoals Pijpenstrootje of Bochtige smele in sommige gevallen kunnen domineren, terwijl dit doorgaans geen teken van goede kwaliteit is. In Bijlage 1 staan alle

waargenomen soorten met hun scores weergegeven. Op basis van de berekende Kwaliteitsscores Heischraal zijn de opnamen vervolgens ingedeeld in 3 klassen: slecht = <15 punten, matig = 15-25 punten, redelijk/goed >25 punten.

Vergelijking opnamen 2001-2016
Van de 8 locaties waarvan zowel opnamen uit 2001 en 2016 beschikbaar waren, zijn de opnamen met elkaar vergeleken. Op de Schaopedobbe en de Borkeld zijn in de jaren negentig en in 2001 OBN-experimenten met plaggen en bekalking uitgevoerd. Omdat er ook controleproefvlakken zijn, is met de opnamen uit 2016 nagegaan of het effect van deze beheersmaatregelen 25 jaar later nog steeds zichtbaar was.

2.2.2 Bodemchemie

Bodemanalyses
Vochtpercentage, organische-stofconcentratie en bodemdichtheid
Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door bodemmateriaal in duplo te drogen gedurende 24 uur bij 70°C. Uit het vaste volume van deze bakjes werd de bodemdichtheid berekend. De fractie organische stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt goed overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)
Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen verdrongen door natrium. Met deze extractie kan onder meer de pH, de ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden en de concentratie kationen aan het kationadsorptiecomplex van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 60 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH (pH-NaCl) werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon rhizons en bewaard bij 4°C tot verdere analyse.

Waterextractie (H_2O-extractie)
Met behulp van een waterextractie worden makkelijk oplosbare ionen van de bodem losgemaakt. In het waterextract worden de pH (pH-H_2O) en de concentratie nitraat, fosfor en kationen gemeten. De concentraties in het waterextract geven van alle extracties het best een beeld van de concentraties in de waterfase van de bodem. De waterextractie werd op dezelfde wijze als de zoutextractie uitgevoerd met MilliQ-water in plaats van een NaCl-oplossing.

Strontium-extractie (SrCl2-extractie)
De basenverzadiging en kationadsorptiecapaciteit werden bepaald met een strontiumextractie. Voor de strontiumextractie werd vers materiaal ingewogen dat overeenkwam met 5 gram droog materiaal met 200 ml strontiumchloride (0,2 M), geschud op een schudmachine bij 105 rpm, waarna de pH (pH-$SrCl_2$) werd bepaald. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat werd aangezuurd voor analyse op de ICP. Uit de analyses werd de CEC (kationuitwisselingscapaciteit) berekend door het optellen van de concentraties Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, H^+ (berekend uit de pH) en NH_4 in equivalenten per liter bodem. Hiertoe werden eerst de concentraties van de niet-gebonden fractie van deze ionen, die door middel van het H_2O-extract waren bepaald, van deze concentraties afgetrokken. De basenverzadiging (%) werd bepaald aan de hand van de concentraties Ca, Mg en K (in equivalenten) ten opzichte van de totale kationuitwisselcapaciteit.

Chemische analyses
Van de bodemextracten werd de pH gemeten met een HQD Ag/$AgCl_2$-elektrode verbonden met een Radiometer type TIM 840 Titralab. De analyses van calcium, magnesium, kalium ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; ICAP). Nitraat (NO_3+NO_2) en ammonium (zoutextract en waterextract), orthofosfaat en chloride (waterextract) werden

colorimetrisch bepaald met behulp van een SEAL Auto-analyser. Natrium en kalium in het waterextract werden vlamfotometrisch bepaald.

Bodemdestructie
Door de bodem te destrueren (ontsluiten), is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflondestructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflonvaatjes en na afkoelen werd het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milliQ. De monsters werden in polyethyleen potjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

Dataverwerking
Statische analyses zijn uitgevoerd op ln(x+1)-getransformeerde bodemdata, uitgezonderd de correlatieberekening, behalve voor pH. Om te achterhalen of de bodemchemie een rol speelt in de kwaliteit van droge heischrale graslanden, zijn de opnamen op grond van de kwaliteitsscore ingedeeld in goed, matig en slecht ontwikkelde heischrale graslanden. Verschillen tussen associaties en tussen de verschillende categorieën in kwaliteit van ontwikkeling werden getoetst met behulp van een éénweg-ANOVA met een Tukey post-hoc-test (IBM SPSS Statistics 20). Hierbij werden rompgemeenschappen toegewezen aan de associatie waar ze het meest op leken, zodat ook deze slechter ontwikkelde gemeenschappen konden worden meegenomen in de analyse.
Om de relatie tussen de soortensamenstelling en de bodemkwaliteit te onderzoeken, is er een DCA gemaakt van alle vegetatieopnamen behorend tot de klasse der heischrale graslanden. Abundantieklassen in de opnamen werden hiertoe omgezet in een schaal van 1 t/m 9. Aan deze DCA zijn de belangrijkste bodemparameters als variabelen toegevoegd ("supplemented variables"). Voor de pH is gekozen om alleen de pH-NaCl weer te geven, omdat deze sterk correleerde met de pH-H_2O (r^2= 0,88). Overige parameters correleerden minder sterk met elkaar (r^2<0,7). Om te toetsen of afzonderlijke plantensoorten verschillend reageerden op de abiotische parameters werden met een GLM species response curves berekend van soorten die meegenomen zijn in de berekening van de kwaliteitsscore en die in zeven of meer opnames aanwezig waren (lineair model; response-distributie Poisson-verdeeld). Van dezelfde dataset werd een PCA gemaakt op basis van de milieuvariabelen om te bepalen onder welke milieuomstandigheden de verschillende associaties en de rompgemeenschappen voorkomen.
Multivariate analyses en responsiecurves werden uitgevoerd op getransformeerde data met behulp van Canoco voor Windows 5.0.
In de vergelijking van de bodemchemie van de EGM-terreinen tussen 2001 en 2016 konden niet alle parameters worden meegenomen, omdat van een deel van de terreinen de meetresultaten uit 2001 te veel afweken of ontbraken. Voor de pH werd in dit geval de pH-H_2O gebruikt, omdat de pH-NaCl sterk kan veranderen door opbouw van een organische laag na plaggen.

2.3 Analyse levensvatbaarheid meest kritische habitatspecifieke soorten

In dit project was het mogelijk de levensvatbaarheid van drie zeer kritische en ernstig bedreigde soorten van droog heischraal (duin)grasland te analyseren: Rozenkransje, Kleine schorseneer en Knollathyrus.

Levensvatbaarheid en staat van instandhouding
In beleid en beheer wordt voor de levensvatbaarheid van een soort de term "staat van instandhouding" gebruikt. De inschatting van deze staat van instandhouding gebeurt in het gunstigste geval aan de hand van de trend in het aantal populaties en de grootte ervan, en vaker aan de hand van het aantal kilometerhokken en een ruwe schatting van de populatieomvang. De daarbij door FLORON gehanteerde abundantieschaal houdt echter geen – of onvoldoende – rekening met

vegetatieve uitbreiding, zodat soms een aanzienlijke overschatting van de werkelijke (= genetisch effectieve) populatiegrootte plaatsvindt.

Componenten van levensvatbaarheid

Effectief behoud en herstelbeheer vereist een analyse van alle factoren die een invloed hebben op de levensvatbaarheid van individuele populaties. Deze factoren zijn:

- Habitatkwaliteit: soortensamenstelling en structuur van de vegetatie en met name de buffercapaciteit, nutriëntenstatus (N en P) en de pH van de bodem.
- Genetische populatiegrootte (het aantal genetisch verschillende individuen (= genotypen) in de populatie ten opzichte van het totaal aantal spruiten).
- Populatieopbouw (het relatieve aandeel individuen in de verschillende levensstadia, zoals kiemplant, juveniel, niet-bloeiende adult en bloeiende adult).
- Voortplantingssucces (gemiddelde vrucht- en zaadzetting per individu en variatie tussen de individuen in een populatie).
- Genetische diversiteit (het aantal varianten (allelen) per gen, de fractie variabele genen, de waargenomen en verwachte heterozygotie (de verhouding daartussen is de inteeltcoëfficiënt, een maat voor inteelt) en de genetische differentiatie t.o.v. andere populaties van de soort (een maat voor de hoeveelheid genenuitwisseling).

Idealiter behoort een analyse van de genetische diversiteit tot een levensvatbaarheidsanalyse. Omdat dit in Europa en ook Nederland echter nog niet standaard onderdeel uitmaakt van onderzoek in het kader van het herstel van ernstig bedreigde soorten (Pierson *et al.* 2016) moeten we het bij de meeste soorten zonder deze informatie stellen.

Inschatting gevoeligheid plantensoorten voor afname levensvatbaarheid

Op basis van eigen expertise en literatuurgegevens is voor 20 karakteristieke plantensoorten uit vochtig-droog heischraal grasland een inschatting gemaakt van hun gevoeligheid voor problemen met hun voortplantingssucces (zaadproductie), inteeltdepressie en genetische erosie. De eigenschappen die hiervoor gebruikt werden betreffen levensvorm (H=Hemicryptofyt, groeipunt in/op maaiveld; G=Geofyt, met zetmeelhoudende knol, bol of wortel(stok); Ch=Chamaefyt, (dwerg)struik, houtige stengel; T = therofyt, een- of tweejarig), levensduur (lang-kort), aantal malen bloei tijdens de totale levensduur (O=Overblijvend; A=annuel (eenjarig); B=biannuel (tweejarig); I=Iteropaar, meerdere malen bloeiend tijdens leven; S=Semelpaar, eenmalig bloeiend), voortplantingssysteem (Kr=Kruisbestuivend, Z=Zelfbestuivend; ZI=Zelf-Incompatibel (genetisch mechanisme dat zelfbevruchting voorkomt); Agamo=Agamospermie, ongeslachtelijke zaadvorming zonder bestuiving; gynodioecisch: indiv. met hermafrodiete bloemen en indiv. met vrouwelijke bloemen) en bestuivingssyndroom/typische bestuivers.

2.4 Analyse fauna

2.4.1 Soortenkeuze

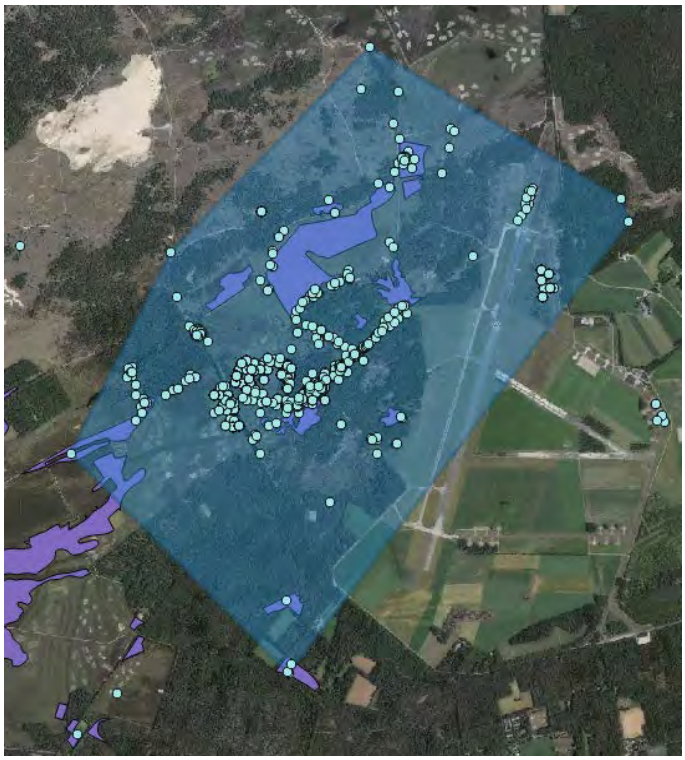
De analyse voor de fauna heeft zich gericht op de vier typische diersoorten van het habitattype H6230 (de dagvlinders Aardbeivlinder, Geelsprietdikkopje en Tweekleurig hooibeestje en de krekelsoort Veldkrekel). Deze soorten zijn aangevuld met vijf soorten dagvlinders: Bruine vuurvlinder, Duinparelmoervlinder, Gentiaanblauwtje, Grote parelmoervlinder en Kommavlinder. Deze kunnen als kenmerkend voor heischrale condities worden beschouwd, ook al zijn ze in hun voorkomen niet beperkt tot het habitattype H6230. De Bruine vuurvlinder komt op de hogere zandgronden vaak samen voor met de Aardbeivlinder, zowel op de Veluwe als het Bargerveen, maar de soort heeft een wat ruimere verspreiding en lijkt daarom een goede aanvullende indicator voor heischrale condities. Duinparelmoervlinder en Grote parelmoervlinder hebben op de hogere zandgronden en in kalkarme duinen het Hondsviooltje als belangrijke waardplant. Omdat het Hondsviooltje een kenmerkende soort is voor heischrale graslanden, zijn deze twee soorten voor het habitattype daarom een goede aanvulling vanuit de fauna. Dit geldt eveneens voor de Kommavlinder, die weliswaar ook wordt aangetroffen op stuifzandheide, maar het talrijkst is op locaties met meer gebufferde bodem.

2.4.2 Voorkomen en trends

De verspreidingsgegevens zijn afkomstig uit de Nationale Database Flora en Fauna (NDFF; met dank aan EIS Kenniscentrum voor Insecten voor de gegevens van Veldkrekel). Hierop zijn nadere analyses uitgevoerd. Waarnemingen vanaf 1990 zijn geclusterd door groepen te onderscheiden van minimaal 10 waarnemingen op onderlinge afstanden van hooguit 1 km. Dit is de grootteorde van de bovengrens voor reguliere verplaatsingen van veel soorten vlinders en waarschijnlijk ook de Veldkrekel. Elk cluster van waarnemingen is vervolgens via een 'minimum convex polygon' tot een locatie voor populatie gedefinieerd. Figuur 1 geeft daarvan een voorbeeld.

Voor het historische voorkomen zijn alle waarnemingen van op 5x5 km gegroepeerd en zijn de atlasblokken met meerdere waarnemingen geselecteerd als indicatie voor vroegere populaties. Het actuele voorkomen is kwalitatief met het historische areaal vergeleken.

Van elke populatie is vastgesteld of deze is gelegen in een Natura 2000-gebied waarin het Habitattype Heischraal grasland (H6230) is gekarteerd. Voor elke soort kon zo worden bepaald welk aandeel van de populaties in Natura 2000-gebieden met Heischraal grasland voorkomt. Voor elk Natura 2000-gebied met Heischraal grasland is voorts het aantal voorkomende soorten en populaties bepaald.



Figuur 1 *Voorbeeld van de afbakening van een populatie voor de Aardbeivlinder op de Hoge Veluwe en MLT Deelen. Groepen van minimaal 10 waarnemingen (lichtblauwe stippen) op onderlinge afstand van minder dan 1 km zijn tot dezelfde populatie gerekend en als vlak begrensd door een 'minimum convex polygon'. De paarse vlakken geven de kartering van het Habitattype Heischraal grasland (H6230) weer.*

Voor de bepaling van trends zijn voor de vlinders twee sporen gevolgd: door vaststelling van recente aanwezigheid en door verandering in populatiegrootte. Allereerst is voor elke populatie bepaald of er ook recente waarnemingen van waren. Populaties zonder waarnemingen uit de laatste vijf jaar (waarnemingen van vóór 2011) zijn als uitgestorven beschouwd. Het is uiteraard mogelijk dat deze interpretatie onterecht is, omdat er voor een dergelijke locatie de laatste vijf jaar eenvoudig geen waarnemingen zijn verzameld, maar gezien de hoge waarnemingsintensiteit voor dagvlinders (ca. 500.000 waarnemingen per jaar) is dat niet waarschijnlijk; voor Veldkrekel was het sowieso maar voor één populatie het geval. Uit deze analyse volgt dus het aandeel na 1990 verdwenen populaties.
De tweede trendbepaling is gebaseerd op het NEM-Meetnet Vlinders van De Vlinderstichting in samenwerking met het CBS (Van Swaay *et al.* 2016); voor Veldkrekel was deze analyse bij gebrek aan gestandaardiseerde monitoring niet mogelijk. De vlindertellingen leveren jaarlijkse gegevens over talrijkheid van vlinders die een goede indicatie geven van de populatiegrootte (Pollard & Yates, 1993). Voor elke vlinderroute (dan wel eitelplot voor het Gentiaanblauwtje) is bepaald aan welke populatie deze is gekoppeld. Voor elke populatie met minimaal 13 datapunten over een periode van meer dan 5 jaar is vervolgens door lineaire regressie een trend bepaald; deze minima zijn aangehouden om onbetrouwbare trends zo veel mogelijk uit te sluiten. Het aantal datapunten kan groter zijn dan het aantal jaren, wanneer er meerdere telroutes voor dezelfde populatie aanwezig zijn. In dat geval is elke telroute als random factor in de regressie meegenomen om locatie-effecten uit te filteren.

Ten slotte is op twee manieren onderzocht in hoeverre de kans op verdwijnen of de verandering in populatiegrootte verband houdt met de grootte van het gebied. Ten eerste is voor de aanwezige en verdwenen populaties getoetst of de oppervlakte van het voorkomen van de populaties verschilt. Ten tweede is voor de vlinders door lineaire regressie bepaald of de helling van de trend in talrijkheid van elke populaties is gecorreleerd met de (log10-getransformeerde) oppervlakte van het voorkomen ervan. Deze analyse is voor elke soort apart uitgevoerd, maar ook gecombineerd, omdat het aantal trendpunten per soort beperkt was. In deze gecombineerde analyse is soort als random factor opgenomen om soortgerelateerde verschillen in de algehele trend uit te kunnen filteren.

2.5 Verspreiding karakteristieke soorten

Naast de kenmerkende soorten uit paragraaf 1.4 is er een flink aantal zeldzame en bedreigde soorten die relatief vaak in heischrale graslanden voorkomen, zoals de vaatplanten Kleine schorseneer (*Scorzonera humilis*), Rozenkransje (*Antennaria dioica*), Kleine tijm (*Thymus serpyllum*), Gevlekte orchis (*Dactylorhiza maculata*) en Knollathyrus (*Lathyrus linifolius*) en de dagvlinders Kommavlinder, Duinparelmoervlinder, Grote parelmoervlinder en Bruine vuurvlinder.

Van in totaal 30 voor heischraal grasland kenmerkende soorten hogere planten en insecten zijn bij de NDFF de verspreidingsgegevens opgevraagd. Deze zijn ingedeeld in 3 perioden: voor 1950, van 1950–2000 en na 2000. De kaarten laten de veranderingen in de tijd zien.

3 Relatie bodem – vegetatie

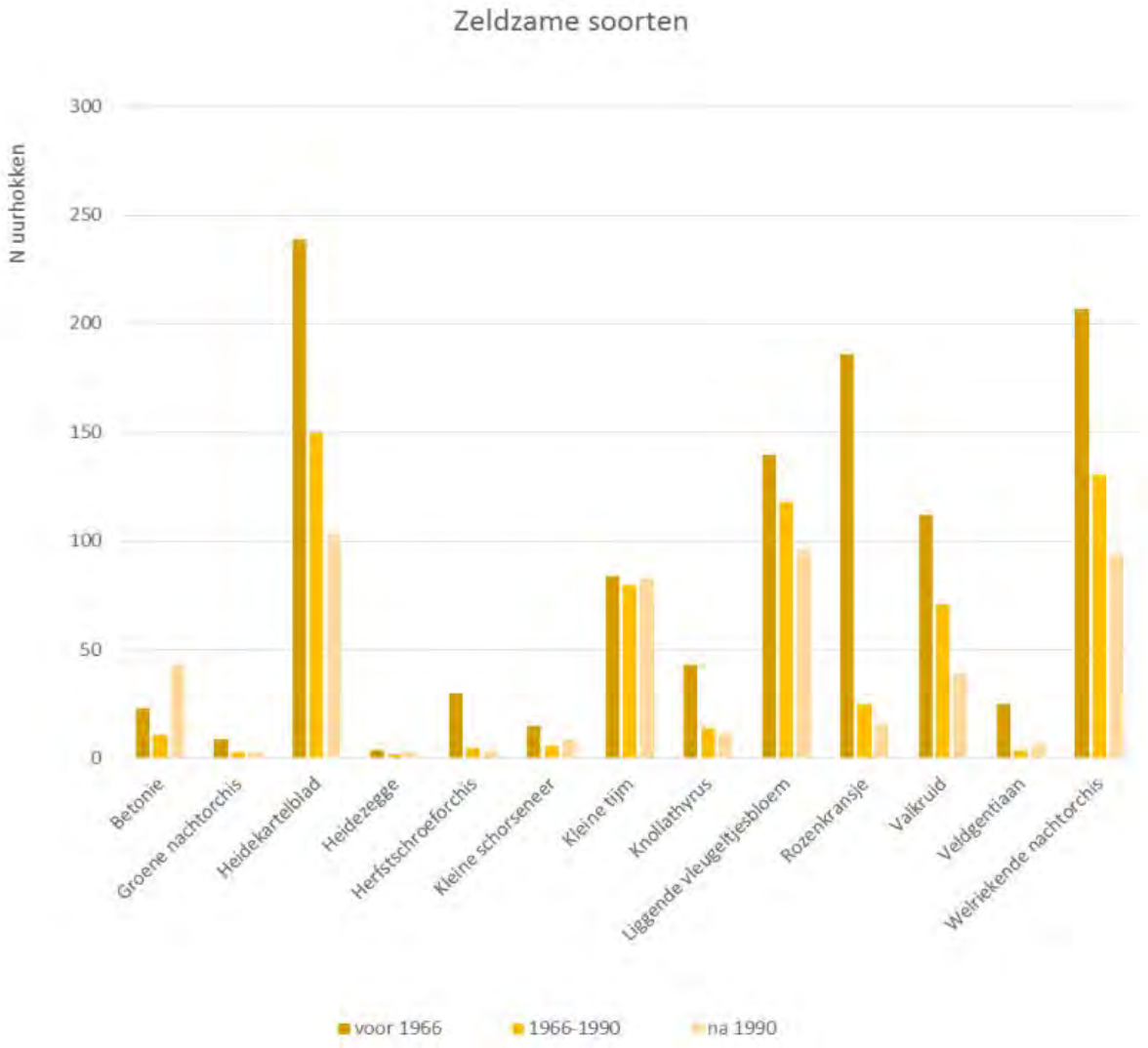
3.1 Oppervlakte heischraal grasland in Nederland

Het totale oppervlak aan heischraal grasland (voor zover behorend tot H6230) gekarteerd in Natura 2000-gebieden in Nederland is 563 ha (zie Tabel 2). Het Natura 2000-gebied Veluwe draagt daar 59% aan bij. Uit de veldbezoeken in de zomer van 2016 bleek dat in het gekarteerde oppervlak veel vlakken zitten die in de praktijk overwegend van een ander type zijn (vaak heide of droog grasland) en een klein deel H6230 bevatten. Het totale oppervlak aan heischraal grasland ligt in werkelijkheid veel lager dan 563 ha. De bezochte gebieden in dit project behoren tot de best ontwikkelde heischrale graslanden van Nederland. Maar ook in die gebieden zijn de stukjes redelijk tot goed ontwikkeld heischraal grasland vaak niet groter dan 50x50 m. Naar schatting van het onderzoeksteam is het totale oppervlak redelijk tot goed ontwikkeld heischraal grasland in Nederland op dit moment (2016) maximaal 30-40 ha. De oppervlakte H2130C (heischrale droge duingraslanden) is in deze Tabel niet opgenomen.

Tabel 2 *Oppervlakte heischraal grasland (H6230) gekarteerd in Natura 2000 gebieden per provincie.*

Provincie	**Oppervlakte heischraal (ha)**
Drenthe	143.8
Friesland	14.5
Gelderland	331.2
Limburg	20.2
Noord-Holland	16.6
Overijssel	36.7
totaal	**562.9**

3.2 Verspreiding en achteruitgang heischrale soorten in Nederland



Figuur 2 *Aantal uurhokken met zeldzamere kenmerkende soorten van heischraal grasland in 3 perioden: vóór 1966, van 1966-1990 en na 1990.*

In Figuur 2 is voor een aantal relatief zeldzame plantensoorten van heischrale graslanden het voorkomen in uurhokken weergegeven in 3 perioden: voor 1966, van 1966–1990 en na 1990. Een uurhok is 5x5 km, Nederland heeft 1648 uurhokken. In ca. 450 uurhokken is minimaal één karakteristieke soort van heischrale graslanden aangetroffen. Een uurhok bestaat uit 25 km-hokken. Gekozen is voor uurhokken, omdat van voor 1966 vaak geen gegevens op km-hok bekend zijn. Duidelijk is dat de zeldzamere soorten in veel minder uurhokken aanwezig zijn en sterk zijn achteruitgegaan. Vrijwel alle soorten nemen af. Alleen Betonie (*Stachys officinalis*) neemt iets toe, mogelijk als gevolg van het inzaaien in gemeentelijke wegbermen. De werkelijke verspreiding is nog veel beperkter, hetgeen duidelijk wordt als op kleinere schaal zoals km-hokken wordt ingezoomd. Dit is te zien in Bijlage 6. Voor 31 soorten zijn verspreidingskaartjes weergegeven, met onderscheid in 3 perioden: voor 1950, van 1950–2000 en na 2000. Bij de interpretatie is het belangrijk dat men zich realiseert dat gegevens van voor 1950 voornamelijk op uurhokniveau bekend zijn en tegenwoordig op km-hok niveau of nog gedetailleerder. In de verspreidingskaarten mogen dus alleen uurhokken met

uurhokken vergeleken worden en km-hokken met km-hokken. Ondanks deze restrictie is duidelijk te zien dat ook voorheen algemene soorten van heischrale graslanden als Tandjesgras, Borstelgras, Hondsviooltje e.a. sterk achteruit zijn gegaan.

3.3 Vegetatie

In 2016 zijn 99 vegetatieopnamen gemaakt in heischrale vegetaties verspreid over het land. De meeste opnamen zijn gemaakt op de pleistocene zandgronden in Drenthe, Friesland, Overijssel en Gelderland en een aantal in de duinen. Op basis van de vegetatiesamenstelling zijn deze opnamen door Associa als volgt ingedeeld (zie Tabel 3).

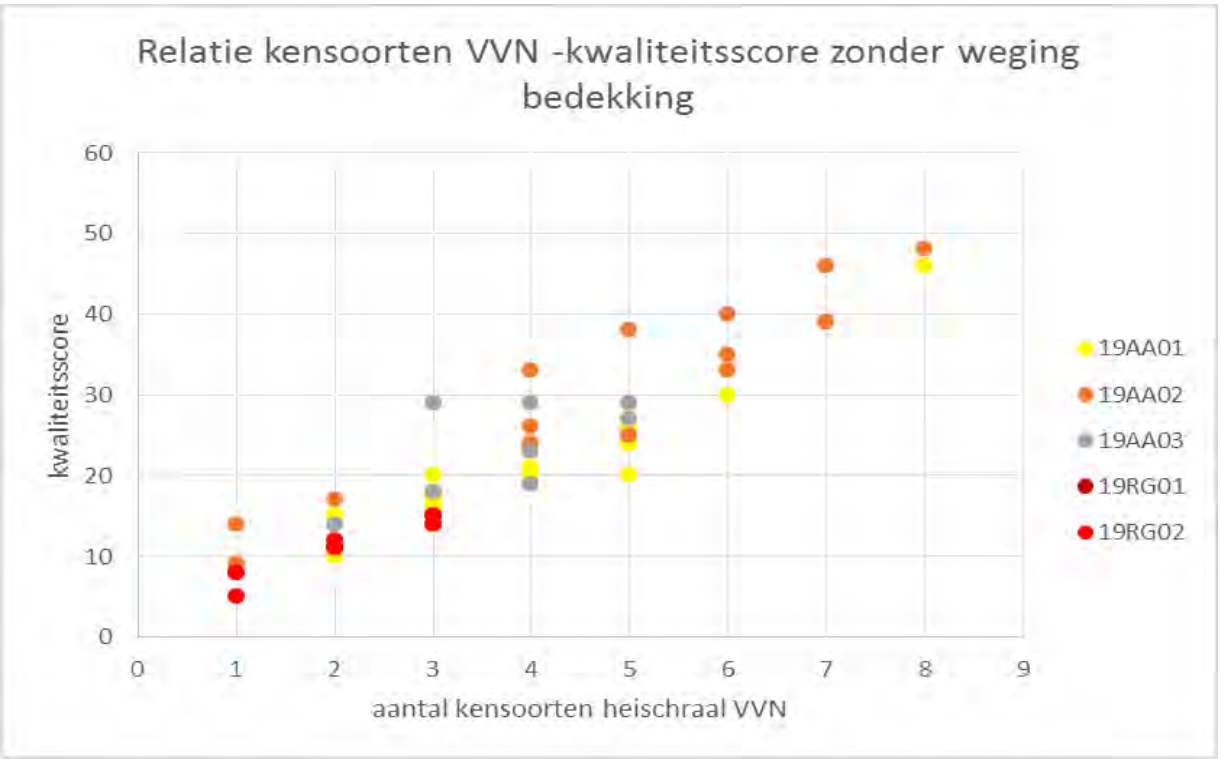
Tabel 3 *Verdeling van de opnamen over de aanwezige vegetatietypen. Wanneer er bij het vegetatietype 'RG' na het nummer staat, betreft het een Rompgemeenschap, dus een gedegradeerde vorm.*

	Vegetatietype	Aantal opnamen per vegetatietype	gemiddeld aantal soorten per opname	max aantal soorten per opname	gemiddeld aantal kensoorten van 19AA01-19AA02-19AA03	max aantal kensoorten van 19AA01-19AA02 en 19Aa03	Gemiddelde kwaliteit score heischraal
Natte heide	11AA01	12	12.3	15	0.3	2	11,9
	11AA02C	4	8.5	10	0.5	1	
	11AA02E	1	17.0	17	1.0	1	
	11RG02	1	9.0	9	2.0	2	
droge graslanden	14BA01	2	18.0	21	1.5	2	18,5
	14BB01	1	25.0	25	4.0	4	
	14BB01A	1	15.0	15	0.0	0	
	14BB01B	1	24.0	24	2.0	2	
	14CB01C	3	22.3	24	2.3	3	
	14CB01D	1	22.0	22	2.0	2	
	14RG03	1	17.0	17	2.0	2	
	14RG11	1	13.0	13	1.0	1	
vochtig schraalgrasland	16AB01	2	17.5	18	1.0	1	13,0
heischraal grasland	***19AA01***	21	19.7	41	4.0	8	21,5
	19AA02	16	24.6	48	4.9	8	30,7
	19AA03	8	21.1	27	3.8	5	23,5
	19RG01	2	12.0	15	2.5	3	13,0
	19RG02	8	10.0	12	2.0	3	10,9
droge heide	20AA01	1	11.0	11	2.0	2	9,4
	20AA01B	8	9.3	15	0.8	2	
	20AA01D	4	14.0	17	2.8	4	

Van de 99 opnamen vallen er 21 in de (droge) Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) en 8 in de (droge) Associatie van Maanvaren en Gewone vleugeltjesbloem (19Aa3) in de duinen. Er zijn 16 opnamen die kunnen worden gerekend tot de (nattere) Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2). In totaal zijn dat 43 opnamen die binnen de heischrale graslanden tot op associatieniveau kunnen worden benoemd en dus redelijk tot goed ontwikkeld zijn, met gemiddeld 4-5 kensoorten per opname. De overige opnamen vallen onder rompgemeenschap van gedegradeerde heischrale graslanden (geen H6230 meer) of behoren tot heidegemeenschappen (droog of nat) en droge graslanden. Het aantal kensoorten van de associaties 19Aa1 – 19Aa2 – 19Aa3 is bij deze laatste groep (vanzelfsprekend) een stuk lager. Het type SBB-19A-c (Rompgemeenschap met dominant Hondsviooltje en Tandjesgras) zoals genoemd in de Natura 2000-profielbeschrijving H6230, is door ons niet aangetroffen.

De gemiddelde Kwaliteitsscore Heischraal is berekend voor de klassen Natte heide, Droge graslanden en Droge heide. Binnen de heischrale graslanden is deze berekend voor de afzonderlijke associaties. De hoogste score (30,7) hebben de vochtige heischrale graslanden (19Aa2) (Tabel 3, figuren 3 en 4). Het illustreert dat de vochtige heischrale graslanden gemiddeld soortenrijker zijn en meer Rode-

Lijstsoorten hebben dan de droge varianten. De problemen met de droge heischrale graslanden (19Aa1 en 19Aa3) zijn nog groter dan met de vochtige variant.
Dat de Natte heide en Droge heide een lagere kwaliteitsscore Heischraal hebben dan de heischrale graslanden ligt voor de hand. De Droge graslanden hebben wel een hogere score (18,5) dan de rompgemeenschappen heischrale graslanden. Hierin komt dus een aantal kensoorten van heischrale graslanden voor, maar op basis van de totale soortensamenstelling zijn ze toch tot de Droge graslanden gerekend. De relatie tussen het aantal kensoorten heischraal en de Kwaliteitsscore is in Figuur 3 weergegeven. Duidelijk zichtbaar is dat de gedegradeerde vormen (19RG01 en 19RG02) minder kensoorten bevatten en een lagere kwaliteitsscore hebben.



Figuur 3 *Relatie tussen het aantal kensoorten heischrale graslanden (volgens Vegetatie van Nederland) en de Kwaliteitsscore Heischraal voor de associaties binnen de klasse. 19RG01 en 19RG02 zijn Rompgemeenschappen, dus gedegradeerde vormen.*

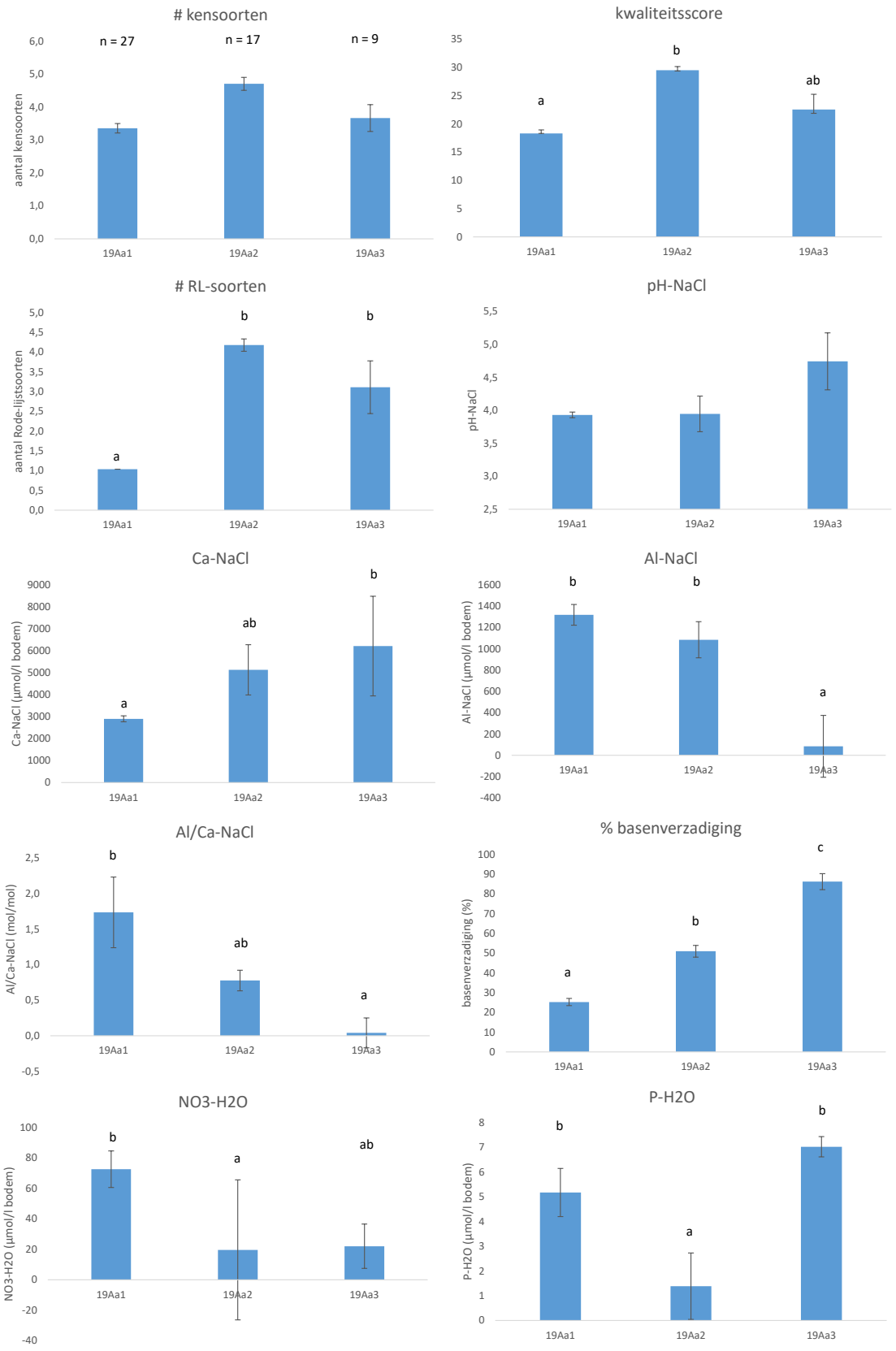
3.4 Relatie bodemchemie en vegetatie

3.4.1 Abiotiek verschillende typen heischrale graslanden

De basenverzadiging van de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (en rompgemeenschappen op droge bodem) was met gemiddeld 25% veel lager dan in de vochtige heischrale graslanden en de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem (resp. 50 en 90%) (Figuur 4). Hiermee ligt de bodem van de onderzochte Associatie van Liggend walstro en Schapengras (en rompgemeenschappen op droge bodem) op de grens tussen buffering door uitwisseling van kationen aan het adsorptiecomplex en buffering door verwering van aluminiumhydroxiden, waarbij aluminium vrijkomt dat voor veel planten toxisch is. De kationadsorptiecapaciteit verschilde niet significant tussen de verschillende gemeenschappen. Samenhangend met de lagere buffercapaciteit had de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (en rompgemeenschappen op droge bodem) een lagere concentratie uitwisselbaar calcium in de bodem dan de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem, en een hogere concentratie uitwisselbaar aluminium. De verhouding tussen uitwisselbaar aluminium en calcium was in de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (en rompgemeenschappen op droge bodem) eveneens het hoogst. In de vochtige heischrale graslanden

was de buffering gemiddeld twee keer zo hoog als in de bemonsterde droge heischrale graslanden, en in de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem met 86% nog hoger. De betere buffering van de vochtige heischrale graslanden is waarschijnlijk te verklaren door basenaanvoer door grondwater en die van de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem door de relatief hogere kalkgehalten van duinzand. De concentraties van uitwisselbaar calcium en aluminium en de Al/Ca-ratio zaten in het vochtige heischraal grasland midden tussen die van de andere twee gemeenschappen in. De bemonsterde droge heischrale graslanden hadden hogere nitraat- en fosforconcentraties in de bodem dan de vochtige heischrale graslanden.

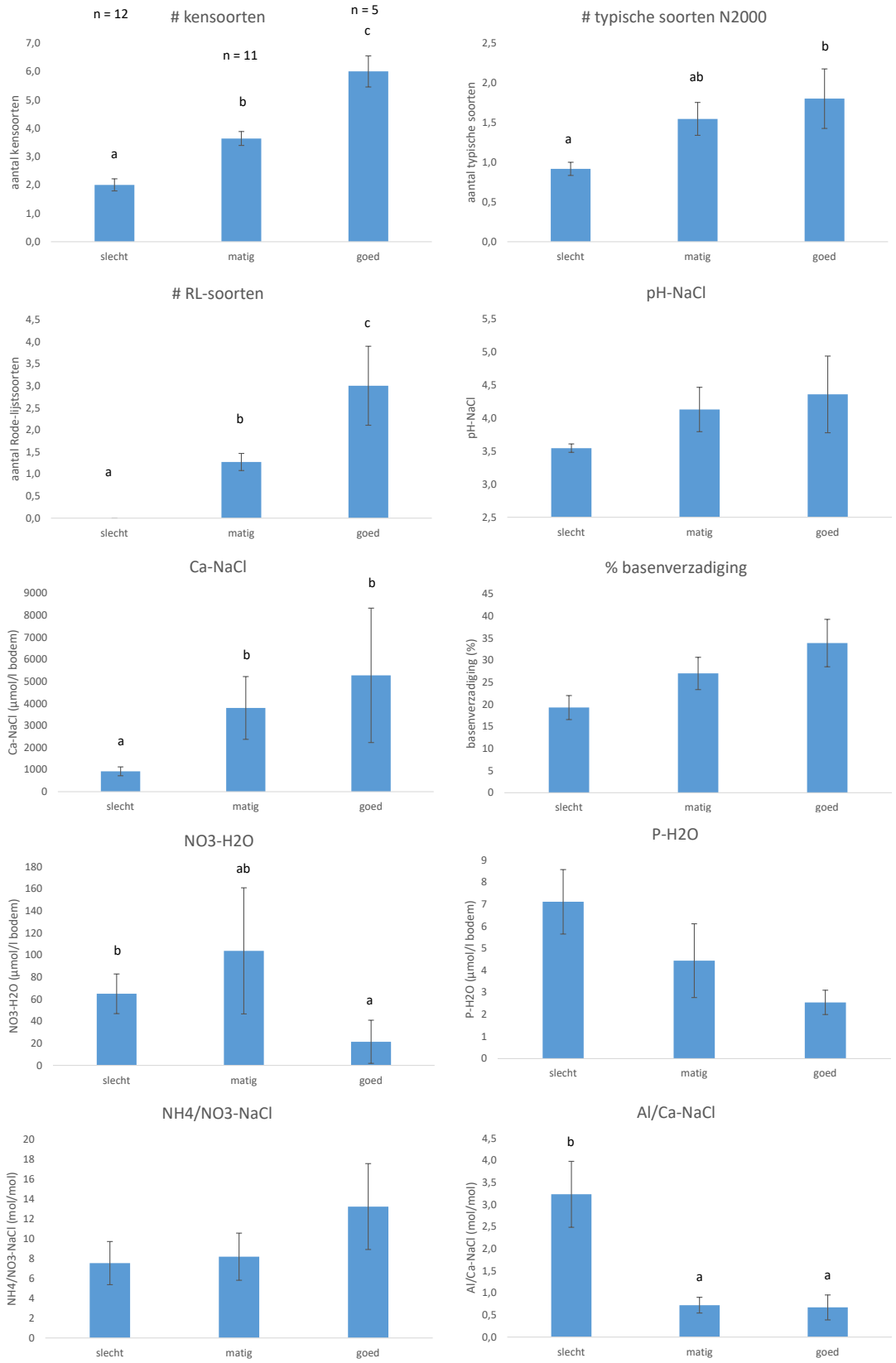
De bodem van de bemonsterde de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (en rompgemeenschappen op droge bodem) is dus slechter gebufferd en daarmee verzuringsgevoeliger dan de bodem van de twee andere associaties binnen de klasse van de heischrale graslanden. Ook lijkt de bodem gemiddeld een iets hogere nutriëntenbeschikbaarheid te hebben. Het is bekend dat de concentratie uitwisselbaar calcium in de bodem mede sturend is voor de kwaliteit van heiden (*Calluno-Genistion pilosae*, *Ericetum tetralicis*) dan wel heischrale graslanden (De Graaf *et al.* 2009) en dat de soortenrijkdom van heischrale graslanden het sterkst samenhangt met de beschikbaarheid van aluminium in de bodem (De Graaf *et al.* 2009). In paragraaf 3.4.2 is daarom uitgewerkt hoe de kwaliteit van de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (en rompgemeenschappen op droge bodem), die het meest verzuringsgevoelig bleek te zijn, samenhing met de abiotische parameters van buffering en nutriëntenbeschikbaarheid. Voor de andere twee associaties was een dergelijke analyse niet mogelijk vanwege de kleine steekproef.



Figuur 4 *Aantal kensoorten, typische soorten en Rode-Lijstsoorten vaatplanten en belangrijke bodemparameters voor de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (19Aa1) (n=27), Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2) (n=17) en de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem (19Aa3) (n=9). Rompgemeenschappen zijn aan de betreffende associaties toegedeeld. Foutbalken geven de standaardfout weer. Verschillende letters boven kolommen geven significante (ANOVA, p≤0,05) verschillen aan. Voor de buffercapaciteit geldt respectievelijk n=20, n=12 en n=9.*

3.4.2 Abiotiek en kwaliteit Associatie van Liggend walstro en Schapengras

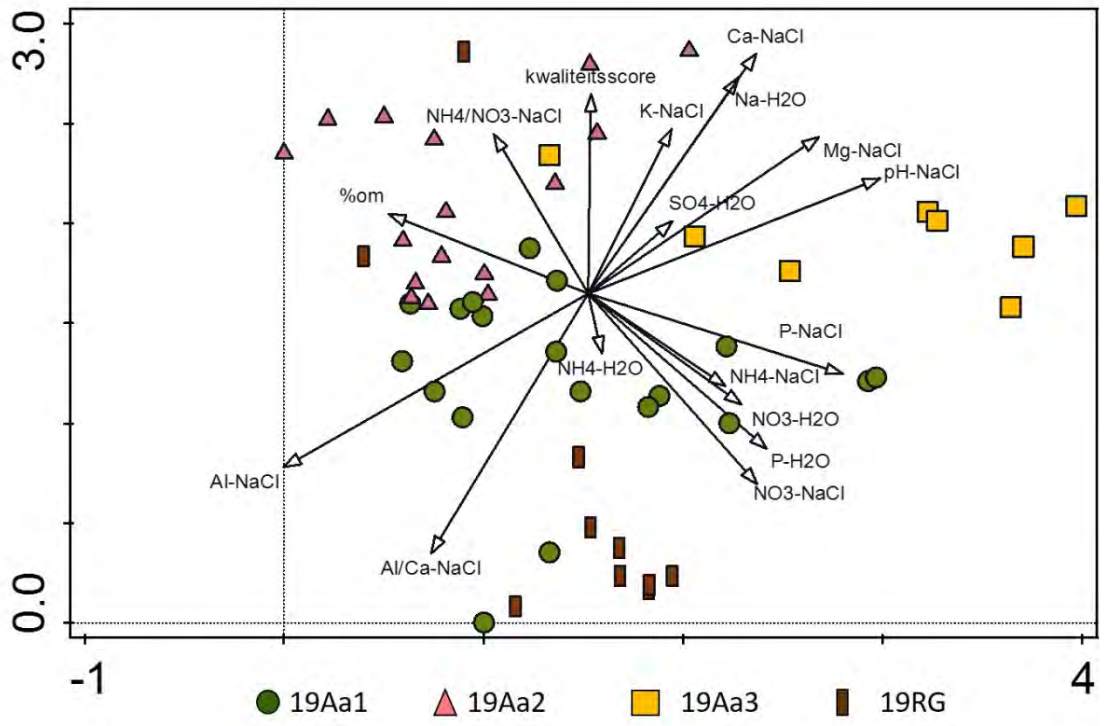
Voor de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (en rompgemeenschappen op droge bodem) werden ontwikkelingsverschillen gevonden die samenhingen met de buffering van de bodem. De slecht ontwikkelde graslanden (kwaliteitsscores 0-15, aantal kensoorten gemiddeld 2,0 per opname, typische soorten 0,9 per opname en geen Rode-Lijstsoorten) hadden een gemiddelde pH-NaCl van 3,5 en een concentratie uitwisselbaar calcium van gemiddeld 0,9 mmol Ca/l bodem. Deze concentratie was significant lager dan die van de matig ontwikkelde heischrale graslanden (kwaliteitsscores 16-24, gemiddeld aantal kensoorten 3,6, aantal typische soorten 1,5 en aantal Rode-Lijstsoorten 1,3), waar de concentratie uitwisselbaar calcium gemiddeld 3,8 mmol per liter was en de pH-NaCl 4,1. In de goed ontwikkelde graslanden (kwaliteitsscore ≥ 25, gemiddeld aantal kensoorten 6,0, typische soorten 1,8 en Rode-Lijstsoorten 3,0) was de concentratie uitwisselbaar calcium 5,3 mmol/l en de pH-NaCl 4,4. De concentratie uitwisselbaar aluminium (gemiddeld 1,3 mmol/l) verschilde niet tussen de ontwikkelingscategorieën, maar de verhouding tussen uitwisselbaar aluminium en calcium wel. Deze was in de slecht ontwikkelde droge heischrale graslanden met gemiddeld 3,5 duidelijk hoger dan in de beter ontwikkelde graslanden (gemiddeld 0,7). In de basenverzadiging is eenzelfde trend zichtbaar. De basenverzadiging was zeer laag in de slecht ontwikkelde graslanden (gemiddeld 19%), in de matig ontwikkelde graslanden gemiddeld 27% en iets hoger in de goed ontwikkelde graslanden (34%). Naast de buffering spelen nutriënten hier ook een rol in de ontwikkeling: de nitraatconcentratie in de bodem was hier met 65 µmol/l bodem hoger dan in de goed ontwikkelde droge heischrale graslanden (21 µmol/l bodem). Ook de concentratie water-extraheerbaar fosfor (P-H_2O) lijkt een afnemende trend te tonen met de kwaliteitsscore. De verhouding tussen ammonium en nitraat verschilde niet tussen de categorieën van de kwaliteitsscore. De verhouding die gemiddeld in de bemonsterde gebieden werd gemeten (8), was erg laag en voldeed daarmee aan de verhouding waaronder zeldzame soorten van heide en heischraal grasland voor kunnen komen (Kleijn *et al.* 2008).



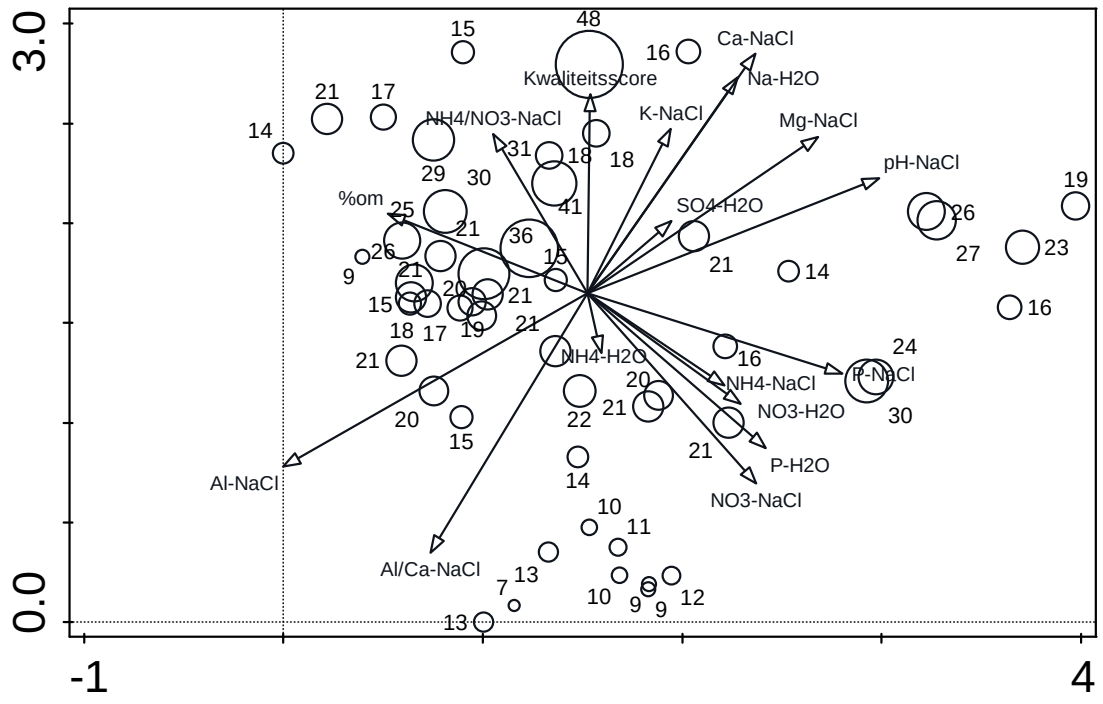
Figuur 5 *Aantal kensoorten (19Aa), typische soorten en Rode-Lijstsoorten vaatplanten en belangrijke bodemparameters voor slecht- (n=12), matig- (n=11) en goed ontwikkelde (n=5) Associatie van Liggend walstro en Schapengras (19Aa1). Foutbalken geven de standaardfout weer. Verschillende letters boven de kolommen geven significante (ANOVA, p≤0,05) verschillen aan. Voor de basenverzadiging geldt respectievelijk n=7, n=9 en n=3.*

3.4.3 Soortensamenstelling en bodemkwaliteit

In een Figuur van de DCA van de alle heischrale vegetatie opnamen zijn de verschillende gemeenschappen goed terug te zien. In een diagram van de eerste twee assen (Figuur 6) liggen de opnames uit de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem rechts, de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras linksboven en de Associatie van Liggend walstro en Schapengras voornamelijk linksonder. De meeste opnames uit rompgemeenschappen bevinden zich onder in het diagram. Milieuvariabelen zijn in deze analyse indirect meegenomen en ook in dit diagram weergegeven. Een aantal milieuvariabelen is gerelateerd aan de vegetatiesamenstelling: naar rechtsboven nemen parameters die samenhangen met een hogere pH en buffering toe (pH-NaCl, Ca-NaCl, Mg-NaCl, K-NaCl) en parameters die samenhangen met een lagere pH en buffering nemen af (Al-NaCl, Al/Ca-NaCl). De nutriëntenbeschikbaarheid neemt toe naar rechtsonder in het diagram (concentraties NO_3, NH_4, en P). Het organische stofgehalte en de NH_4/NO_3-verhouding nemen juist toe naar linksboven in het diagram.
De pijlen van de concentraties aluminium, calcium en de Al/Ca-verhouding zijn in het diagram langer dan de pijlen van de nutriënten. Dit geeft aan dat de buffering hier sterker bepalend is in de soortensamenstelling. De Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem heeft gemiddeld een hogere pH en buffering dan de andere gemeenschappen. De rompgemeenschappen, die soortenarm zijn en vrijwel geen typische of Rode-Lijstsoorten hebben (ze behoren dan ook niet tot type H6230), komen vooral voor bij een lage pH en buffering en een hoge nutriëntenbeschikbaarheid. Uit een PCA van de omgevingsvariabelen waarin de locaties van de opnames zijn geplot (Bijlage 5), blijkt dat ook het omgekeerde waar is: op plekken waar de pH en buffering laag zijn en de nutriëntenbeschikbaarheid relatief hoog, kunnen nagenoeg alleen rompgemeenschappen voorkomen.



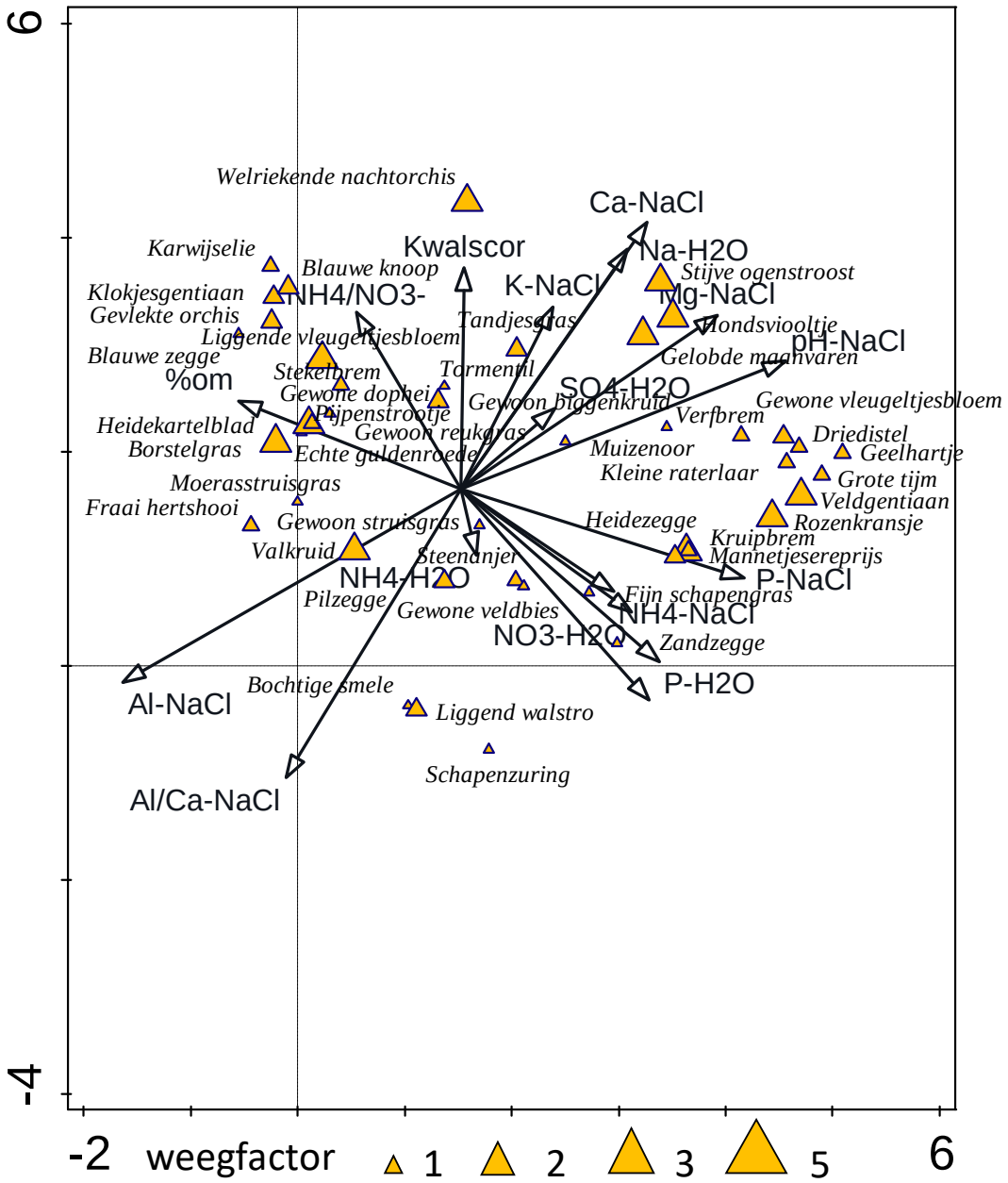
Figuur 6 *Eerste twee assen van de DCA van de vegetatiegegevens met daarin de milieuvariabelen als* supplemental variables *weergegeven. Symbolen geven de verschillende gemeenschappen weer.*



Figuur 7 *Eerste twee assen van de DCA van de vegetatiegegevens met daarin de milieuvariabelen als* supplemental variables *weergegeven. Grootte van cirkels en het getal naast de cirkel geven het aantal soorten per opname (circa 4 m²) weer. Voor een goede structuur en functie is volgens het profieldocument van habitattype H6230 (ref) een soortenrijkdom van >20 plantensoorten/m² benodigd.*

Soorten die karakteristiek zijn voor heischrale graslanden en daarom een hoge weegfactor hebben in de kwaliteitsscore, komen vooral aan de bovenzijde van het diagram voor (Figuur 8), dus in de minder verzuurde en wat minder voedselrijke gemeenschappen. Hierbij hebben verschillende soorten hun optimum in verschillende gemeenschappen. Veldgentiaan (*Gentianella campestris*) en Driedistel (*Carlina vulgaris*) bevinden zich daarom aan de zijde van de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem, terwijl onder andere Blauwe knoop (*Succisa pratensis*) en Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) zich aan de zijde van de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras bevinden.

Het voorkomen van veel van de voor heischrale graslanden karakteristieke soorten hing significant samen met de bodembuffering (pH, concentraties Ca, Mg en Al, verhouding tussen Al en Ca, Tabel 4). Stijve ogentroost, Hondsviooltje, Pilzegge, Mannetjesereprijs en Muizenoortje kwamen significant minder voor in meer verzuurde situaties. Voor onder andere Rozenkransje en Gelobde maanvaren leek dit effect ook aanwezig, maar omdat deze soorten door hun zeldzaamheid slechts in enkele opnamen aanwezig waren, zijn zij niet opgenomen in deze analyse. Onder die omstandigheden namen in de opnamen Liggend walstro, Bochtige smele en Moerasstruisgras juist toe in abundantie. Soorten die binnen de heischrale gemeenschappen aantoonbaar afnamen bij relatief hoge nutriëntenbeschikbaarheid (NO_3, P), waren Valkruid, Liggende vleugeltjesbloem, Gevlekte orchis, Tormentil, Blauwe knoop, Moerasstruisgras, Blauwe zegge, Gewone dophei en Pijpenstrootje. Bij hogere concentraties van zowel NO_3 en P namen de karakteristieke soorten Schapenzuring, Fijn schapengras en Zandzegge juist toe. In vochtig milieu, waarin ammonium minder goed omgezet kan worden naar nitraat, verdroegen Gevlekte orchis, Tormentil, Blauwe knoop en Stekelbrem hogere ammoniumconcentraties slechter.



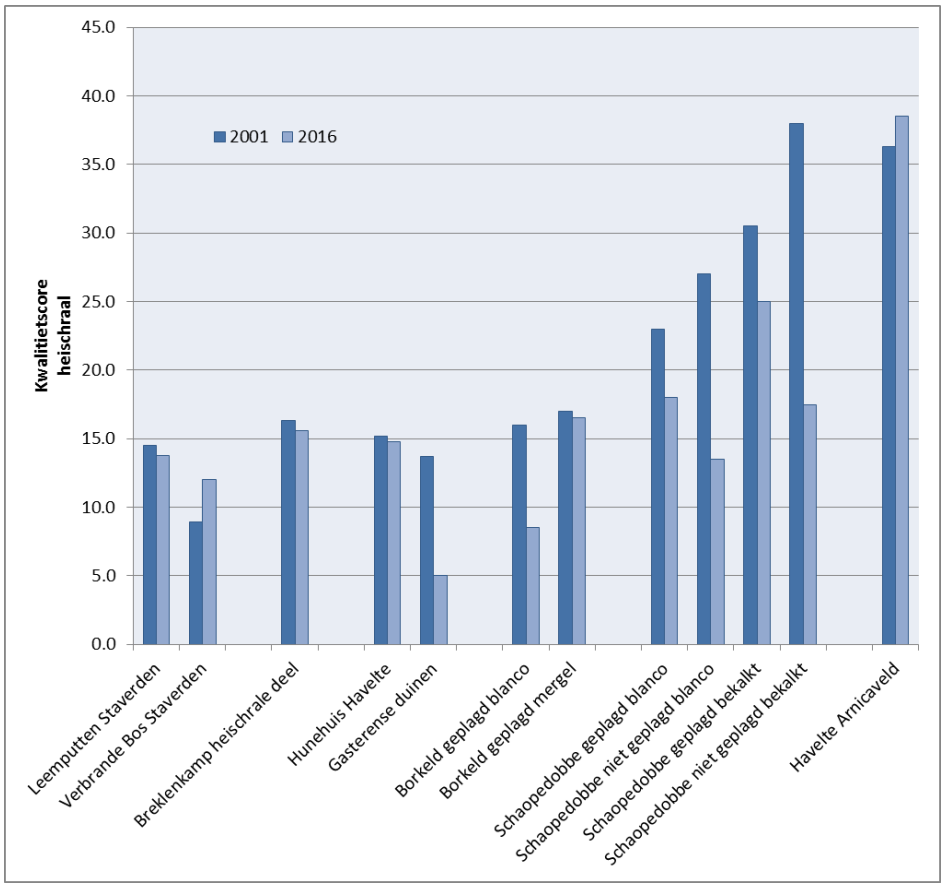
Figuur 8 *Eerste twee assen van de DCA van de vegetatiegegevens met daarin de milieuvariabelen als supplemental variables weergegeven. Met driehoekjes is het zwaartepunt van het voorkomen van de soorten die meewegen in de kwaliteitsscore weergegeven. De grootte van de symbolen geeft de weging van de soorten in de kwaliteitsscore aan.*

Tabel 4 *Samenhang soorten met abiotiek. Toename (+) of afname (-) van soorten die in voldoende opnames voorkwamen met toename van de parameters (species respons GLM, p ≤ 0,05).*

	pH-NaCl	Al/Ca-NaCl	Al-NaCl	Ca-NaCl	Mg-NaCl	%om	NO_3-NaCl	NH_4-NaCl	P-NaCl	Kwaliteit score
weegfactor 5										
Borstelgras										
Heidekartelblad										+
Hondsviooltje	+	-	-	+	+					+
Lig. vleug.bloem							-		-	+
Stijve ogentroost	+	-	-	+	+					+
Valkruid							-		-	+
weegfactor 3										
Blauwe knoop							-	-	-	+
Gevlekte orchis							-	-	-	+
Liggend walstro	-	+	+	-	-		+	+		-
Mannetjesereprijs	+	-	-	+	+	-			+	
Pilzegge		+	+							+
Tandjesgras										+
Tormentil						+	-	-	-	+
weegfactor 2										
Echte guldenroede							-		+	+
Stekelbrem								-		+
weegfactor 1										
Blauwe zegge							-		-	
Bochtige smele	-	+	+	-	-					
Fijn schapengras	+					-	+		+	
Gewone dophei						+	-		-	+
Gewone veldbies										
Gewoon biggenkruid						-				+
Gewoon reukgras										
Gewoon struisgras										
Moerasstruisgras			+			+			-	+
Muizenoor	+	-	-	+	+				+	+
Pijpenstrootje	-		+			+	-		-	+
Schapenzuring		+		-	-		+		+	-
Zandzegge						-	+	+	+	

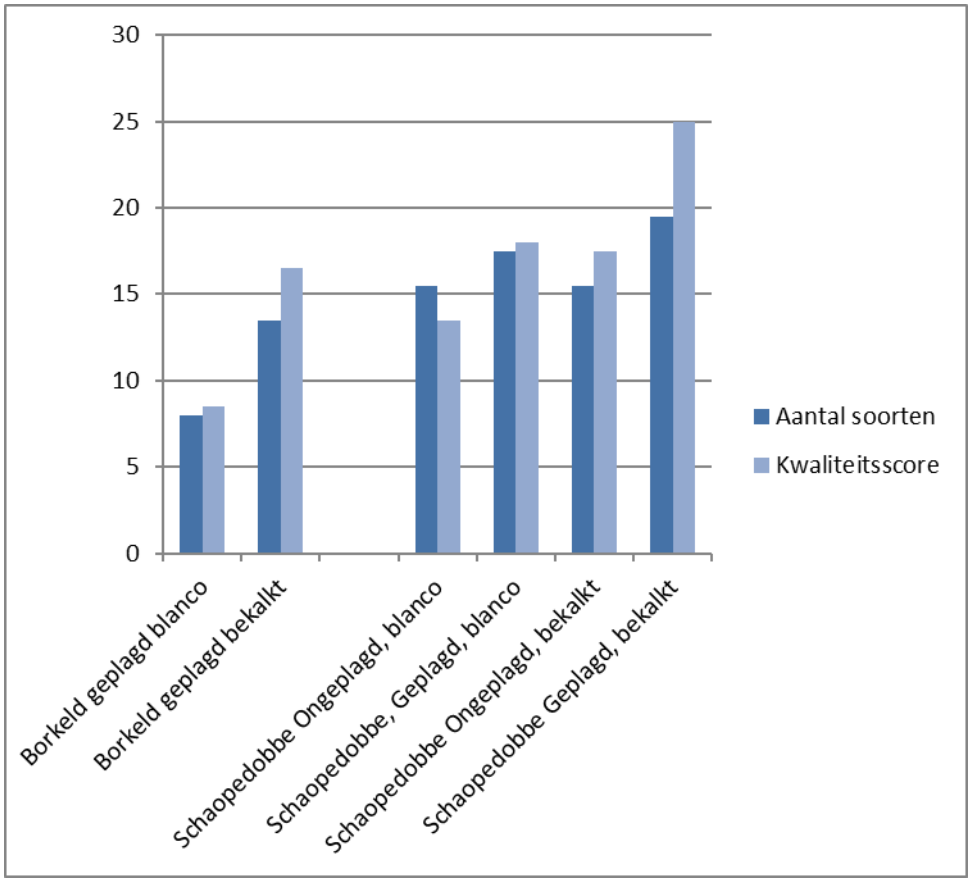
3.5 Veranderingen in de heischrale vegetatie in EGM-terreinen over de laatste 20 jaar

In 8 terreinen zijn in 2016 vegetatieopnamen herhaald op dezelfde locaties als in 2001. Per terrein zijn deze opnamen met elkaar vergeleken. De belangrijkste verschillen zijn samengevat in Figuur 9. De twee gebieden links in de grafiek, Leemputten Staverden en Verbrande bos Staverden, zijn goed ontwikkelde natte heiden en geen heischrale graslanden. De kwaliteitsscore heischraal is en was hier laag, in beide gevallen is de natte heidevegetatie echter van hoge kwaliteit. Ook in Brecklenkamp behoort het merendeel van de opnamen tot natte heiden en een deel tot vochtige heischrale graslanden. Alleen de opnamen van vochtig heischraal grasland (19Aa2) zijn in de analyse betrokken. Hier zijn de verschillen tussen 2001 en 2016 gering. De grootste verschillen tussen 2001 en 2016 zien we in de droge heischrale graslanden. In veel terreinen was de kwaliteit al matig tot slecht en is deze nog verder gedaald. Het 'Arnicaveld' in het Holtingerveld is eigenlijk het enige terrein waarin de kwaliteit onveranderd goed is. Met de 'kleine startbaan' in hetzelfde gebied vinden we hier momenteel nog de best ontwikkelde heischrale graslanden van Nederland (Van de 'kleine startbaan' is in dit project maar één opname gemaakt en daarom niet in de grafiek opgenomen). In de terreinen Hunehuis Havelte (Havelterberg) en de Gasterense duinen is de kwaliteit eigenlijk zo slecht, dat niet echt meer sprake is van heischraal grasland. Beide terreinen hebben zich ontwikkeld tot droge heide met dominantie van Struikhei, mede als gevolg van zeer extensief of het achterwege blijven van beheer. In de Borkeld en de Schaopedobbe zijn in 1988/1990 OBN-experimenten uitgevoerd met plaggen en bekalking (mergel en Dolokal). In de Borkeld waren alle proefvlakken in 1988 geplagd en is tussen 2001 en 2016 is nog eenmaal een extra kalkgift toegediend. De kwaliteit van de proefvakken die bekalkt zijn, is gelijk gebleven, de proefvakken zonder kalkgift zijn in kwaliteit achteruitgegaan. Soortgelijke resultaten zien we in de Schaopedobbe. Daar dateren de proefvakken al uit 1990 en werden de behandelingen bekalken en plaggen beide getoetst. De opnamen uit 2001 en 2016 zijn met elkaar vergeleken. In 2016 constateren we dat, met uitzondering van het Arnicaveld op Havelte, de kwaliteitsscore heischraal in alle proefvakken is afgenomen. De vakken die in 2001 geplagd zijn, zijn in 2016 echter nog beduidend beter van kwaliteit dan de ongeplagde vakken. Het best behouden zijn de vakken die zowel geplagd als bekalkt zijn. In Figuur 10 is dit nogmaals weergegeven voor alleen de opnamen uit 2016 van de Borkeld en Schaopedobbe, ditmaal ook met het gemiddeld aantal soorten per opname. De combinatie plaggen + bekalken werkt het best. Het is hoopvol om te kunnen constateren dat deze effecten 26 jaar later nog



Figuur 9 *Kwaliteitsscores heischraal voor 8 EGM-gebieden in 2001 en 2016.*

steeds goed waarneembaar zijn. In Bijlage 2 staan de volledige de vegetatieopnamen uit 2016 voor deze 2 locaties.



Figuur 10 *Aantal soorten en de 'Kwaliteitsscore Heischraal' voor de opnamen van 2016 na EGM-maatregelengenomen in 1990.*

Langere tijdreeks

Een aantal heischrale graslanden wordt al sinds 1990 gevolgd vanwege EGM-maatregelen die daar genomen zijn. Behalve Borkeld en Schaopedobbe zijn dat het Arnicaveld en de Kleine Startbaan in Havelte en de Gasterense duinen. In Bijlage 4 staan de soortenaantallen per opname weergegeven. Ook hier is te zien dat beide terreinen in Havelte verreweg het soortenrijkst zijn (> 40 soorten per opname). In de Tweede Wereldoorlog is hier door de Duitsers een dikke laag leem opgebracht. Deze zorgt nog steeds voor voldoende buffercapaciteit. In de grafiek van 'Schaopedobbe geplagd' zit een piek in soorten in 1995. Dit is het gevolg van enkele ruderale soorten die na het plaggen verschijnen en enkele jaren later weer verdwenen zijn. Omgekeerd zit er in 1995 een dal in het aantal soorten in het Arnicaveld Havelte. Dit komt doordat de opnamen toen niet al te lang na het plaggen waren gemaakt en een aantal soorten nog niet teruggekomen was.

Soorten

Kijken we naar de soorten welke zijn toe- of afgenomen tussen 2001 en 2016, dan blijkt dat in elk gebied wel een aantal soorten is veranderd. Een aantal soorten vertoont echter in meerdere terreinen een vergelijkbare trend. In Tabel 5 zijn alleen soorten opgenomen die in 2 of meer gebieden dezelfde trend vertonen.

Tabel 5 *Soorten die in meerdere gebieden achteruit (oranje) of vooruit (groen) zijn gegaan 2001–2016.*

2016 t.o.v. 2001	Staverden	Hunehuis	Gasterense duinen	Havelte Arnicaveld	Staverden	Schaope dobbe	Brecklen kamp	Borkeld
	Verbrande bos				Leemputten			
Carex nigra	-				-		-	
Danthonia decumbens		--				--		
Betula pendula		--			-			
Polygala serpyllifolia		-				--		
Arnica montana						-		-
Betula pubescens		-			-			
Carex pilulifera		-				-		
Hieracium pilosella		-	-					
Hypochaeris radicata		-				-		
Juncus bulbosus	-				-			
Juncus effusus	-				-			
Dactyloriza maculata s. maculata					+		+	
Deschampsia flexuosa						+	+	
Pinus sylvestris					+		+	
Calluna vulgaris					+	++		
Festuca rubra		++		++				
						-- = sterk achteruit gegaan (-3)		
						- = achteruit gegaan (-2)		
						+ = vooruit gegaan (+2)		
						++ = sterk vooruit gegaan (+3)		

Het aantal soorten dat is achteruitgegaan is groter dan het aantal dat is vooruitgegaan. Bovendien behoren bij de soorten die achteruit zijn gegaan een aantal karakteristieke soorten voor heischraal grasland, zoals Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Liggende vleugeltjesbloem (*Polygala serpyllifolia*) en Valkruid (*Arnica montana*). Omgekeerd zijn de soorten die zijn toegenomen (Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*), Grove den (*Pinus sylvestris*), Struikheide (*Calluna vulgaris*) en Rood zwenkgras (*Festuca rubra*)) zeer algemeen en niet direct doelsoorten. De enige Rode-Lijstsoort die is toegenomen, is de Gevlekte orchis (*Dactylorhiza maculata subsp. maculata*). Dit betreft de vochtige heiden en heischrale graslanden van Brecklenkamp en de Leemputten van Staverden.

3.6 Veranderingen in EGM-terreinen

3.6.1 Schaopedobbe

In de Schaopedobbe is in de winter van 1989/1990 de helft van het zogenoemde 'Arnicaveld' geplagd. Hierna werden in zowel het geplagde als het ongeplagde deel behandelingen uitgelegd met een relatief hoge (1,2 ton/ha) en lage gift van Dolokal en mergel. Alleen deze hoge gift is in 2001 en 2016 verder gevolgd. De resultaten van de hoge behandelingen van mergel en Dolokal zijn in 2016 gemiddeld, omdat er geen duidelijke verschillen in effecten van deze manieren van bekalken werd gevonden. Valkruid was in de ongeplagde situatie aanwezig en is op het ongeplagde deel in het kader van een keimingsexperiment uitgezaaid. Vroeger werd het veld jaarlijks gemaaid, maar nu alleen in het kader van heidebeheer nog met schapen begraasd.

Figuur 11 *Vegetatie van een bekalkt en geplagd proefvlak in de Schaopedobbe met onder andere Valkruid, Stekelbrem, Tormentil, Struikhei en Pijpenstrootje in 2016.*

Vegetatie

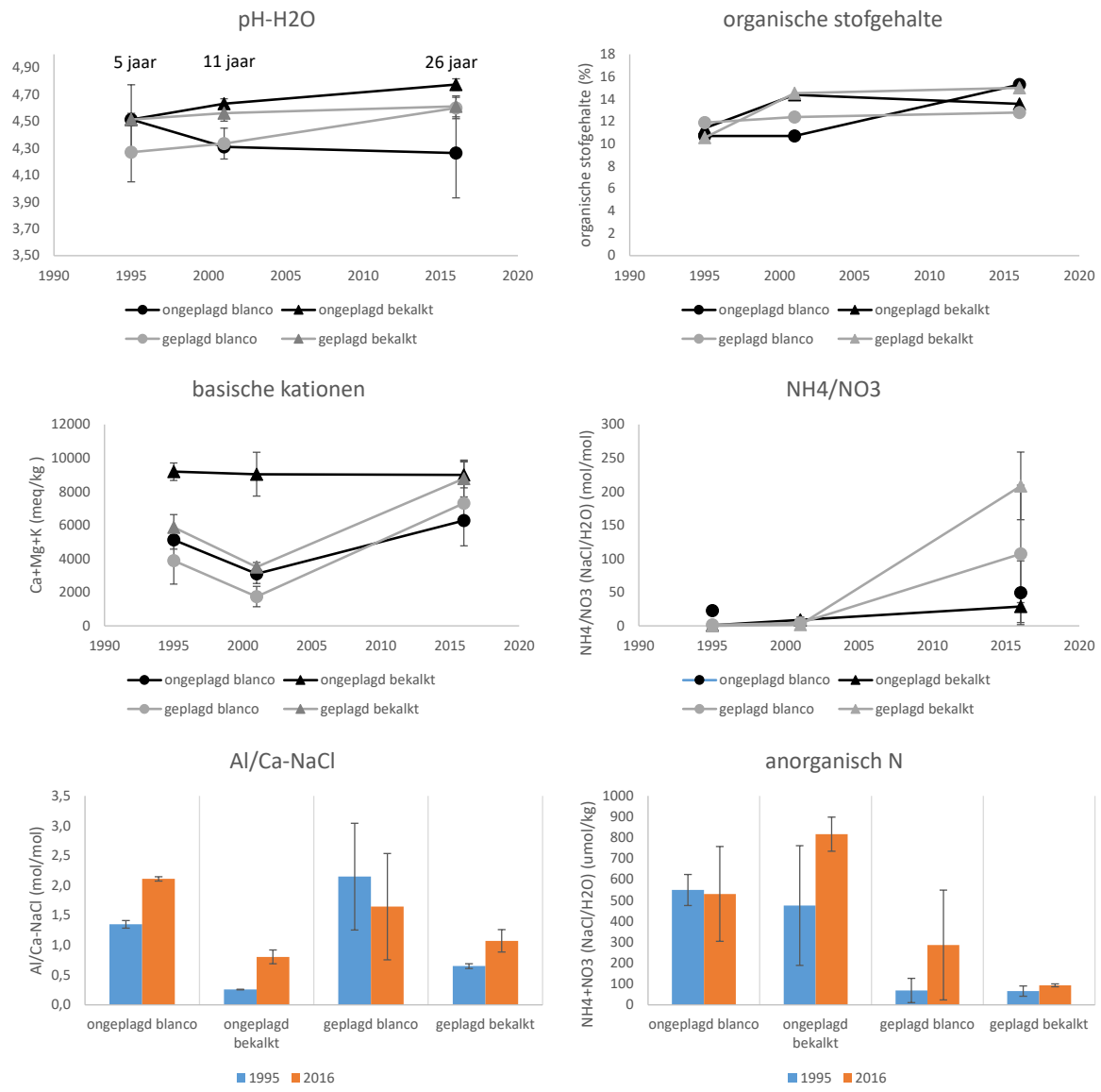
In 2001 was er een duidelijk verschil tussen de geplagde en ongeplagde proefvlakken. De geplagde proefvlakken waren toen te karakteriseren als soortenrijke droge heide (associatie van Struikhei en Stekelbrem, *Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum*) (Figuur 11). Tussen de Struikhei kwamen soorten voor als Liggend walstro, Valkruid, Gewoon biggenkruid, Pilzegge, Muizenoor, Tandjesgras, Tormentil en Stekelbrem. In de met mergel of Dolokal bekalkte proefvlakken werden ook Liggende vleugeltjesbloem, en in een van de proefvlakken ook Kruipbrem aangetroffen. In 2016 was Struikhei nog steeds dominant, maar waren de algemene grassen Pijpenstrootje, Bochtige smele, Rood zwenkgras en Fioringras sterk toegenomen. Tandjesgras en Fijn schapengras, twee soorten die karakteristiek zijn voor droog heischraal grasland, gingen juist achteruit. Pilzegge ging eveneens achteruit en Liggende vleugeltjesbloem en Kruipbrem verdwenen volledig. Een van de onbekalkte proefvlakken was in 2016 overgroeid door Sporkehout. Hier verdween Valkruid. De ongeplagde proefvlakken werden in 2001 door grassen gedomineerd en waren te karakteriseren als de Associatie van Liggend walstro en Schapengras. Er was hier vrij veel Pijpenstrootje meer opslag van Sporkehout. Pilzegge ging juist sterk achteruit en Tandjesgras, Borstelgras, Liggende vleugeltjesbloem, Muizenoor en Stijve ogentroost waren in 2016 verdwenen. Valkruid kon zich goed handhaven in de bekalkte – en ooit geplagde – proefvlakken, maar verdween uit de onbekalkte. Alle proefvlakken behaalden in 2001 een relatief hoge kwaliteitsscore voor heischraal grasland (Figuur 9), waarbij de ongeplagde, bekalkte

proefvlakken toen de hoogste score haalden. Alle proefvlakken waren in 2016 sterk in kwaliteit achteruitgegaan. Het beste scoorde de geplagde, bekalkte proefvlakken en het slechtst de ongeplagde onbekalkte proefvlakken (Figuur 10).en Moerasstruisgras aanwezig. In deze ongeplagde proefvlakken kwamen eveneens veel soorten voor die karakteristiek zijn voor heischrale graslanden: Valkruid, Stekelbrem, Pilzegge, Tandjesgras en Fijn schapengras. Ook werd er, in tegenstelling tot in de geplagde proefvlakken, Borstelgras aangetroffen. In de bekalkte, geplagde proefvlakken stonden ook Liggende vleugeltjesbloem, Muizenoor en Stijve ogentroost. In 2016 was het aandeel van Struikhei in de ongeplagde proefvlakken sterk toegenomen. Ook was er iets

Bodem

In de 26 jaar na het plaggen vond er in de bodem opbouw van een organische horizont plaats, waardoor het organische stofgehalte iets steeg van gemiddeld 11% organische stof (1995) naar 14% in 2016 (Figuur 12). De pH-H_2O van de bodem bleef in deze periode ongeveer gelijk en varieerde in 2016 van 4,3 in het ongeplagde onbekalkte deel tot 4,8 in het bekalkte ongeplagde deel. De hoogste concentratie basische kationen (9 meq/kg) werd in 1995 aangetroffen bij de ongeplagde behandeling met bekalking, maar in 2016 had ook de geplagde behandeling met bekalking deze zelfde concentratie bereikt, mogelijk door opbouw van een groter adsorptiecomplex door accumulatie van organische stof. De onbekalkte behandelingen zaten hier met circa 6,5 meq/kg basische kationen iets onder. Ook de Al/Ca-ratio's in de onbekalkte delen waren zowel in 1995 als in 2016 hoger dan in de bekalkte delen. In de bekalkte delen leken deze ratio's echter iets gestegen te zijn ten opzichte van 1995. Zowel in de bekalkte als in de onbekalkte delen lag de ratio met 1 respectievelijk 2 echter wel beneden de ratio van 3,2 die gemiddeld in slecht ontwikkelde droge heischrale graslanden wordt gevonden (paragraaf 3.4.2).

Na 26 jaar was er nog steeds een verschil in de beschikbaarheid van anorganisch stikstof tussen de geplagde en de ongeplagde behandeling. In 2016 was de beschikbaarheid van anorganische stikstof in de ongeplagde delen met circa 500 tot 800 µmol/kg erg hoog. Anorganisch stikstof was voornamelijk in de vorm van ammonium aanwezig, dat mogelijk door de vrij lage pH in de bodem moeilijker genitrificeerd kon worden. Dit leidde tot een sterke toename van de NH_4/NO_3-verhouding ten opzichte van 1995 in alle behandelingen. Deze verhouding tussen NH_4 en NO_3 in beide behandelingen van circa 30 tot 200 en de hoge NH_4-concentraties in de ongeplagde behandelingen lagen daarmee ver boven de waarden waarbij veel zeldzame, karakteristieke soorten van heide en heischraal grasland doorgaans worden aangetroffen (Kleijn *et al.* 2008). Mogelijk speelt ammoniumtoxiciteit hier, naast het staken van het maaibeheer, een rol in de achteruitgang van de vegetaties.



Figuur 12 *Veranderingen in de bodemchemie in de Schaopedobbe sinds 1995. pH-H2O (linksboven), organische stofgehalte (rechtsboven), som van de basische kationen (midden- links), verhouding tussen ammonium en nitraat (midden-rechts), de aluminium/calcium-verhouding (linksonder) en de som van anorganisch stikstof (rechtsonder).*

3.6.2 De Borkeld

In 1988 is deze voormalige groeiplaats van Valkruid opnieuw geplagd. Een deel van dit geplagde terrein is in 1990 bekalkt met 0,6 ton $CaCO_3$/ha, waarna in 1997 op beide terreindelen Valkruid via zaden en kiemplanten geherintroduceerd is (Dorland *et al.* 2000). Rond deze nieuwe Valkruidpopulaties in de bekalkte terreindelen is toen opnieuw bekalkt met 0,8 ton dolokal/ha. Door de beheerder is later met een onbekende hoeveelheid Dolokal bijbekalkt in het bekalkte deel. De eerste 10 jaar is er met een raster gewerkt, waarbinnen de boompjes verwijderd werden. Het gedeelte waar nu nog Valkruid staat, is nog steeds afgerasterd en wordt door de beheerder opengehouden. De rest van het terrein wordt met een schaapskudde begraasd en boomopslag wordt verwijderd.

Vegetatie

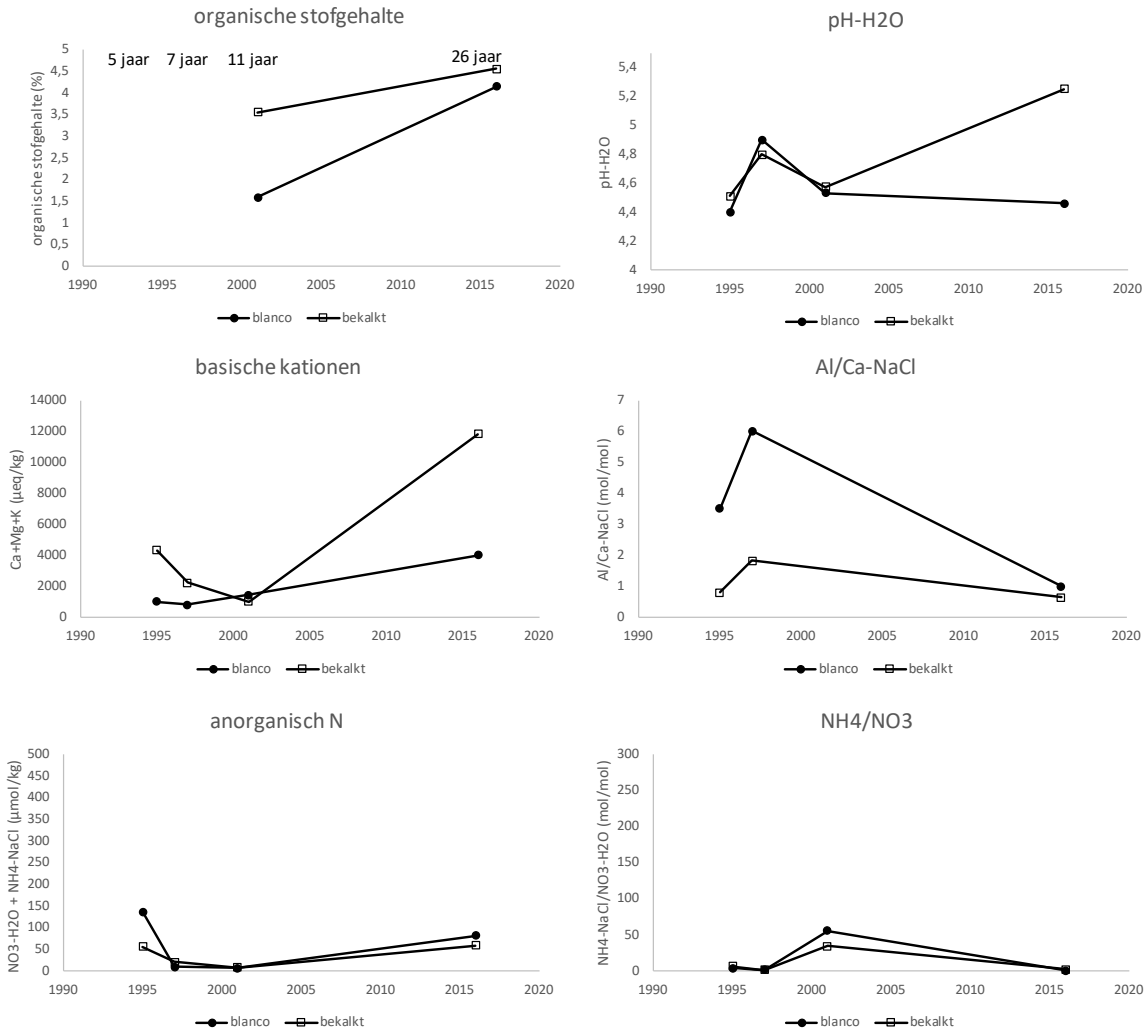
Struikhei was dominant in 2001 in de proefvlakken van de Borkeld. Valkruid was de belangrijkste karakteristieke soort van heischrale graslanden die in 2001 in voorkwam. Verder kwamen onder andere Borstelgras en in de bekalkte proefvlakken ook Klein vogelpootje voor. Borstelgras was echter veel minder abundant dan in het terrein buiten de geplagde proefvlakken. In 2016 had de dominantie van Struikhei plaatsgemaakt voor een codominantie met Fijn schapengras en Gewoon struisgras. In de niet-bekalkte proefvlakken nam ook Gewone dophei toe. Hier was Valkruid geheel verdwenen, terwijl de soort zich in de bekalkte proefvlakken heeft ontwikkeld tot een opvallend vitale populatie (Figuur 13). In 2001 was er nog geen verschil in kwaliteitsscore tussen de bekalkte en onbekalkte proefvlakken, maar in 2016 was de score in de onbekalkte proefvlakken sterk afgenomen (Figuur 9 en 10) en in de bekalkte proefvlakken juist even hoog gebleven.

Figuur 13 *Valkruid in het bekalkte deel van het Arnicaveld in de Borkeld.*

Bodem

Het terrein van de Borkeld was na plaggen arm aan organische stof (Figuur 14). De pH-H_2O van de bodem schommelde tussen circa 4,5 en 5,0, maar was in 2016 in het bekalkte deel toegenomen tot circa 5,8. Dit lijkt een effect te zijn van extra bijbekalking die na 2001 is toegediend. Deze hogere pH correspondeert met de toename van basische kationen in de bekalkte behandeling in 2016; de concentratie basische kationen is met 12 meq/kg in het bekalkte deel circa 3 keer zo hoog als in het niet-bekalte gedeelte. De concentratie basische kationen was in het onbekalkte gedeelte ook ongeveer verdubbeld sinds de jaren negentig. Dit is waarschijnlijk te verklaren door de toename in organische stof na het plaggen. Het organische stofpercentage varieerde van circa 1,5 tot 3,5% in 1995, 7 jaar na het plaggen. In 2016, 28 jaar na het plaggen, was dit percentage gestegen tot ongeveer 4%. Hoewel

dit nog steeds weinig is, kan deze opbouw wel hebben bijgedragen aan een vergroting van het kationadsorptiecomplex in deze verder arme zandbodem. De Al/Ca-verhouding is in de jaren negentig in het onbekalkte deel tijdelijk hoger geweest, maar inmiddels is de verhouding in zowel de bekalkte als onbekalkte behandeling laag. De beschikbaarheid van anorganisch stikstof was na het plaggen laag. Ook na 26 jaar bleven de concentraties van nitraat en ammonium samen beneden 200 µmol/kg. Ook de verhouding tussen ammonium en nitraat was laag. Er lijkt dus geen sprake van ammoniumtoxiciteit. Het verschil in pH en concentratie basische kationen verklaart het verschil in vegetatieontwikkeling tussen het bekalkte en onbekalkte proefvlak.



Figuur 14 *Veranderingen in de bodemchemie in de Borkeld sinds 1996. Organische stofgehalte (linksboven), pH-H2O (rechtsboven), som van de basische kationen (midden-links), de aluminium/calcium-verhouding (midden-rechts), de som van anorganisch stikstof (linksonder), verhouding tussen ammonium en nitraat (rechtsonder).*

3.6.3 Havelte Arnicaveld

In het Holtingerveld werd in het najaar van 1991 het terrein rond een bestaande populatie van Valkruid geplagd. In de daarop volgende jaren kon Valkuid zich in dit terrein herstellen tot een van de grootste populaties van Nederland. In het begin werd het ongeplagde deel jaarlijks in september gemaaid. Tegenwoordig bestaat het beheer uit maaien eind september (na de bloei van het Valkruid) en nabeweiding met schapen. In eerder EGM-onderzoek is het terrein, dat op hellend terrein ligt, op grond van de vegetatie ingedeeld in vier proefvlakken, waarvan er twee (A en B) boven aan de helling liggen en twee iets lager (C en D) (De Graaf *et al.* 2004). Proefvlak C ligt in het natste deel van het terrein. Omdat niet duidelijk is of het smalle proefvlak D in 2001 op de juiste plek is bemonsterd, zijn resultaten uit dit proefvlak uit 2001 niet meegenomen.

Vegetatie

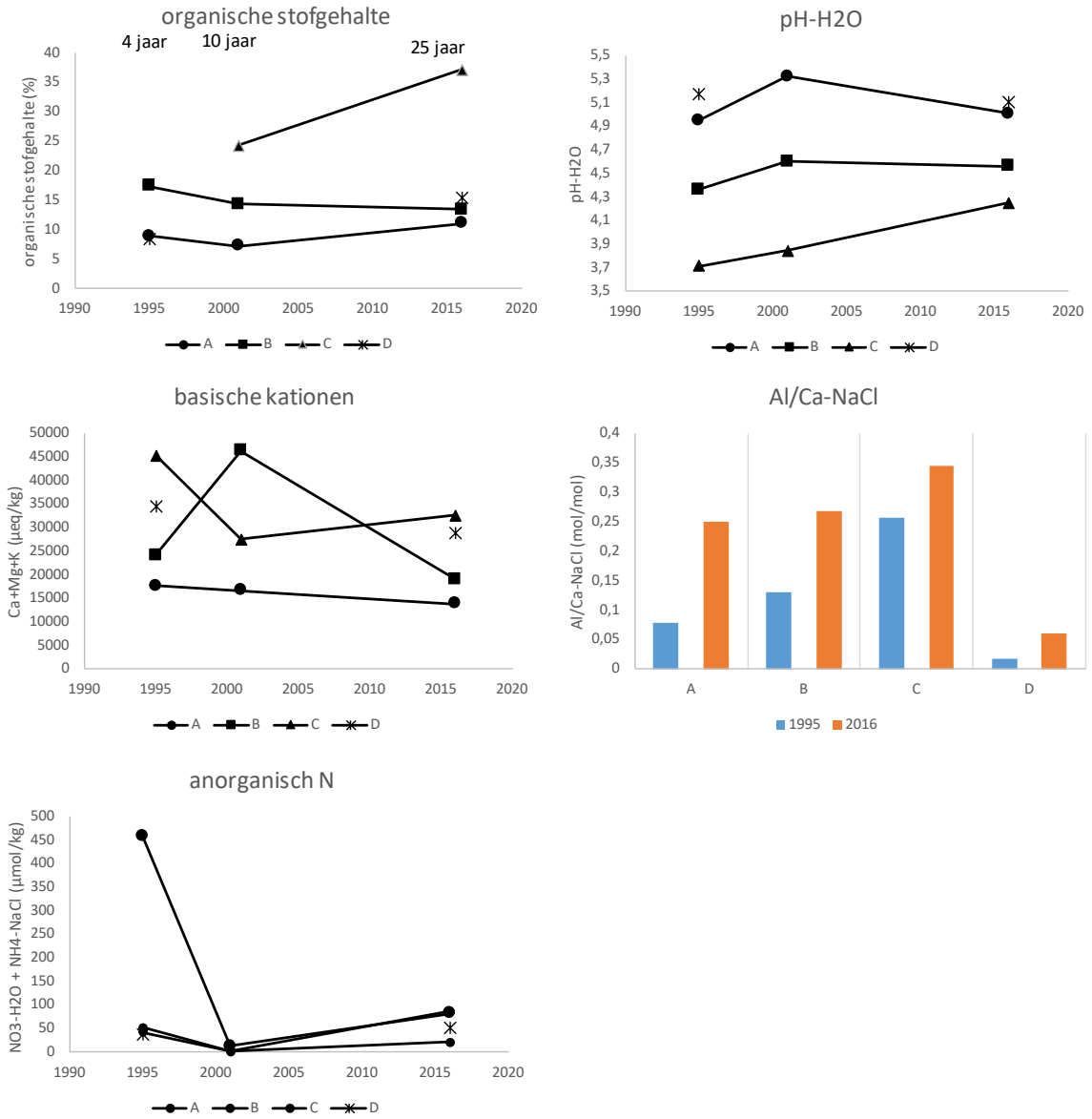
De vegetatie bestond – en bestaat nog steeds – uit een zeer soortenrijk heischraal grasland (Figuur 15). Er komen onder andere Valkruid, Pilzegge, Liggend walstro, Pilzegge, Muizenoor, Heidekartelblad, Liggende vleugeltjesbloem, Tormentil, Borstelgras en Hondsviooltje voor. In 2016 waren er ten opzichte van 2001 kleine veranderingen in het terrein: Valkruid, Bochtige smele en Stekelbrem leken wat toe te nemen in de drogere terreindelen. In het natste deel van het terrein nam Heidekartelblad toe. Wilde tijm werd in 2016 niet meer aangetroffen, maar Stijve ogentroost, Echte guldenroede en Blauwe knoop verschenen juist. De kwaliteitsscore van het terrein bleef onveranderd hoog en dit terrein is daarmee na het plaggen in 1991 ontwikkeld tot een van de best ontwikkelde heischrale graslandvegetatie op droge tot vochtige bodem (Figuur 9).

Figuur 15 *Havelte Arnicaveld, geplagde proefvlak A.*

Bodem

De pH van het Arnicaveld verschilde sterk over het terrein. Het natste deel (C) had na plaggen de laagste pH (3,7), maar deze pH liep in de loop van de tijd op naar boven de 4 (Figuur 16). De drogere terreindelen hadden een wat hogere pH, die tussen circa 4,8 en 5,3 lag. Het terrein had een opvallend hoog organische stofgehalte in de toplaag van de bodem; dit gehalte lag 4 jaar na plaggen al op circa 10-17% in de drogere delen, terwijl het terrein volgens De Graaf *et al.* (2004) tot de minerale ondergrond was afgeplagd. In het nattere gedeelte lag het organische stofgehalte na 10 jaar op ongeveer 25% en na zelfs 25 jaar op ongeveer 35%. De concentratie basische kationen in de bodem was zeer hoog; deze lag voor proefvlak A rond 15 meq/kg en in de overige proefvlakken nog hoger (proefvlak B en D zelfs in 2016 rond 30 meq/kg). Deze hoge concentraties hingen mede samen met

het hoge organische stofgehalte. Het organische stof zorgt voor een extra hoge kationadsorptiecapaciteit, die in deze proefvlakken gemiddeld ongeveer 8 cmol+/kg was. De basenverzadiging (hier niet getoond) was hier dan ook niet extreem hoog, met 23-39%. Omdat een bodem met een hoog organische stofgehalte ook een lage dichtheid heeft, is de concentratie basische kationen op volumebasis echter wat minder extreem dan de concentraties op massabasis suggereren. De verhouding tussen Al en Ca was laag en hoewel deze verhouding in de loop van de tijd iets is gestegen, is de verhouding nog steeds zo laag dat er geen risico op aluminiumtoxiciteit aanwezig is. De beschikbaarheid van anorganisch stikstof was, behalve tijdelijk in proefvlak A, laag, met concentraties doorgaans onder 50 µmol/kg. Bij dergelijk lage ammoniumconcentraties is ook het risico op ammoniumtoxiciteit laag.



Figuur 16 *Veranderingen in de bodemchemie in het Arnicaveld bij Havelte sinds 1995. Organische stofgehalte (linksboven), pH-H2O (rechtsboven), som van de basische kationen (midden-links), de aluminium/calcium-verhouding (midden-rechts) en de som van anorganisch stikstof (linksonder).*

3.6.4 Havelte Kleine Startbaan

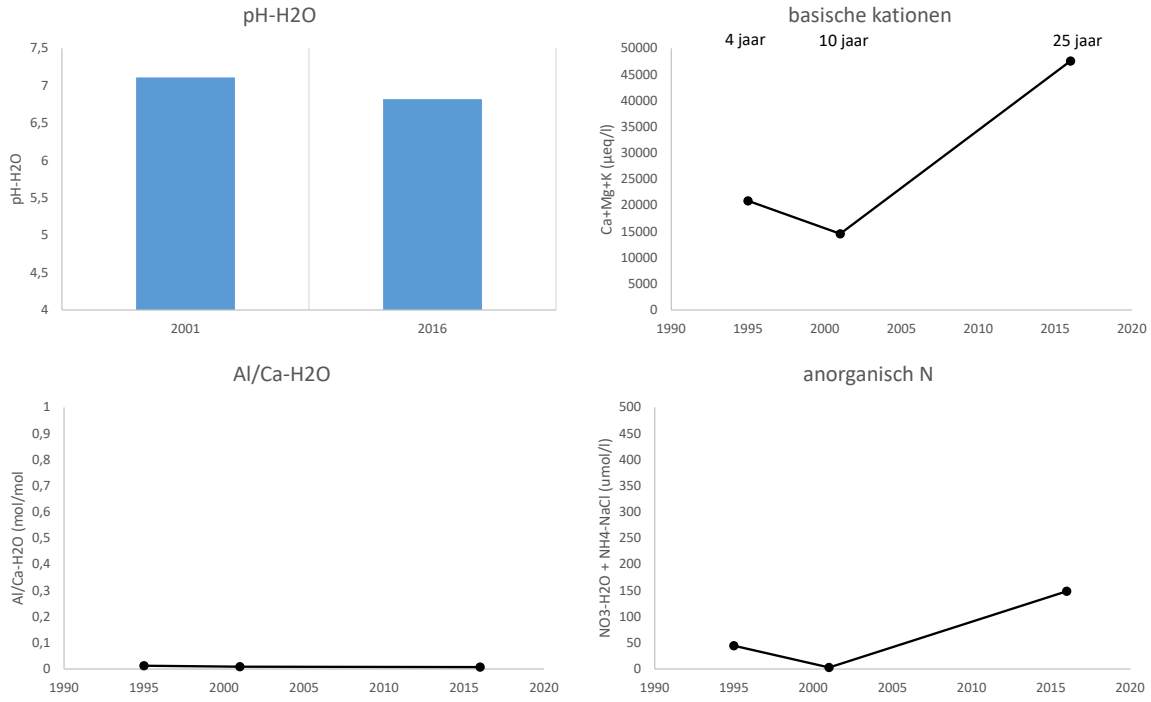
Op de Kleine Startbaan in het Holtingerveld is in 1991 geplagd. Er wordt hier jaarlijks (gefaseerd) gemaaid. In 2016 is het proefvlak opgenomen dat in 2001 en eerder 'proefvlak A' is genoemd.

Vegetatie

De Kleine Startbaan herbergt een zeer goed ontwikkelde heischrale vegatatie. In het EGM/OBN-proefvlak dat gevolgd is, komen zeer veel karakteristieke heischrale soorten voor, zoals Blauwe knoop, Tormentil, Pilzegge, Liggende vleugeltjesbloem en Hondsviooltje. In 2016 waren onder andere Tandjesgras en Mannetjesereprijs verdwenen, terwijl deze soorten in 2001 wel werden gevonden. Gelobde maanvaren (Figuur 17), Moeraswalstro, Heidekartelblad, Gevlekte orchis en Stijve ogentroost waren juist Rode-Lijstsoorten die in 2016 wel werden aangetroffen, maar in 2001 nog niet. Het proefvlak behaalde in 2016 – 25 jaar na uitvoering – daardoor nog steeds een zeer hoge kwaliteitsscore.

Figuur 17 *Gelobde maanvaren op de Kleine startbaan bij Havelte.*

De bodem van de Kleine Startbaan had een hoge pH (pH-H_2O rond 7,0 in 2001 en 2016, Figuur 18. Ook de concentratie basische kationen was hoog met een concentratie van 25 meq/kg in 1995 en circa 15 meq/kg in 2001. Bij de meting in 2016 was de concentratie basische kationen echter drie keer zo hoog als in 2001. Het heischrale grasland van de Kleine Startbaan behoort tot het vochtige type en de grote verschillen in concentraties basische kationen kunnen waarschijnlijk verklaard worden door een grotere grondwaterinvloed: is de grondwaterstand in de voorgaande winters hoog, dan kan het adsorptiecomplex opladen en stijgt de concentratie basische kationen. De basenverzadiging was in 2016 zelfs 95%. Er vond tussen 2001 en 2016 nauwelijks stapeling van organische stof plaats. In beide jaren was het organische stofpercentage ongeveer 5%. De Al/Ca-verhouding was logischerwijs zeer laag. Ook de concentratie anorganisch stikstof bleef in de 25 jaar volgend op het plaggen laag.



Figuur 18 *Veranderingen in de bodemchemie op de Kleine Startbaan sinds 1995. pH-H2O (linksboven), som van de basische kationen (rechtsboven), de aluminium/calcium-verhouding (linksonder) en de som van anorganisch stikstof (rechtsonder).*

3.6.5 Brecklenkampse veld

Het Brecklenkampse veld is een geaccidenteerd terrein waarin vochtige heischrale graslanden voorkomen in een gradiënt van droge heide naar Blauwgrasland en Veldrusschraalland (Figuur 19). In dit terrein werd in de winter van 1989/1990 een strook van droog naar nat geplagd en werd de vegetatieontwikkeling in verscheidene gradiënten gevolgd. In 2001 en 2016 beperkte het onderzoek zich tot drie transecten, waarvan het transect dat in 2001 en eerder 'transect 3' werd genoemd, in de geplagde strook lag. Op deze transecten werden verscheidene opnames gemaakt. Omdat deze bij voorgaande bemonsteringen niet met gps waren vastgelegd, was het lastig om deze permanente kwadraten nauwkeurig terug te vinden. De vergelijking van de opnames beperkt zich tot de permanente kwadraten waarvan de opnames in 2001 en/of 2016 als heischraal geclassificeerd werden. Waar dit meerdere permanente kwadraten binnen een gradiënt betrof, zijn deze hier 'hoog' dan wel 'laag' genoemd. De vegetatie wordt jaarlijks gemaaid.

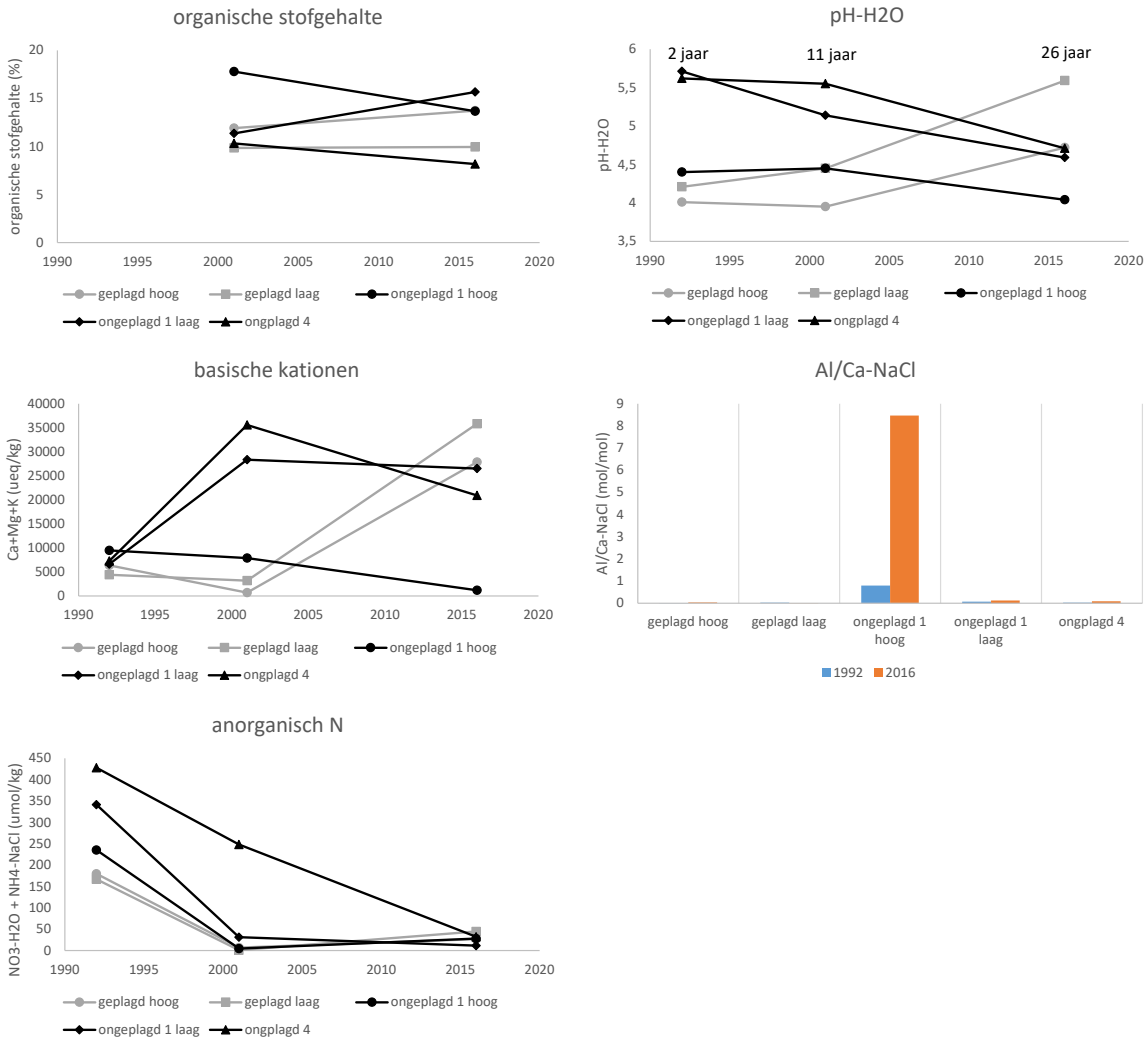
Figuur 19 *Gradiënt van droog naar nat via vochtig heischraal grasland in transect 4 in het Brecklenkampse veld.*

Vegetatie

In het Brecklenkampse Veld werden in 2001 en/of 2016 vier opnames verspreid over de drie in 2016 gemonitorde transecten geclassificeerd als de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras. In 2016 werden er twee van deze proefvlakken als Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras geclassificeerd; de andere waren respectievelijk overgegaan in Veldrusassociatie (geplagde raai) en Associatie van Gewone dophei (ongeplagde raai). Eén proefvlak uit de geplagde raai dat in 2001 echter als Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies werd geclassificeerd, was in 2016 overgegaan in de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras, en een proefvlak uit een ongeplagde raai dat in 2001 tot de rompgemeenschap van Blauwe zegge en Blauwe knoop behoorde, eveneens. In de geplagde raai kwam in de twee proefvlakken die in 2001, respectievelijk 2016 als Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras werden geclassificeerd, onder andere Blauwe zegge, Sterzegge (2001), Gevlekte orchis (2016), Klokjesgentiaan (2001), Tormentil, Borstelgras (2001), Heidekartelblad (2001), Witte Snavelbies (2001) en Blauwe knoop (2016) voor. De proefvlakken in de ongeplagde raaien hadden gemiddeld een wat lagere bedekking met Struikhei en Gewone dophei. Klokjesgentiaan, Borstelgras en Witte snavelbies ontbraken hier. Daarentegen werden Tandjesgras (alleen in 2016) en Wateraardbei juist in de ongeplagde raaien aangetroffen. Ten opzichte van 2001 verdwenen Borstelgras, Heidekartelblad, Witte snavelbies en Moerasviooltje uit de onderzochte transecten. De kwaliteitsscore in het gebied bleef tussen 2001 en 2016 nagenoeg hetzelfde (Figuur 9).

Bodem

Bij aanvang van de monitoring twee jaar na plaggen hadden de geplagde proefvlakken en het hoge pq in transect 1 een vrij lage pH-H2O tussen 4,0 en 4,5, terwijl de twee lager gelegen ongeplagde proefvlakken een pH boven 5,5 hadden (Figuur 20). Dit veranderde echter in daarop volgende jaren, waarin de pH van de geplagde proefvlakken met vochtig heischraal grasland toenam tot 4,5 à 5,5 en die van de ongeplagde proefvlakken juist afnam tot beneden 5,0. In 2016 had het proefvlak van het ongeplagde transect 1 hoog op de gradiënt de laagste pH met een pH van 4,0. Het organische stofgehalte in de proefvlakken was hoog, ook binnen 11 jaar in de geplagde, met een organische stofgehalte boven 10%. Door de vochtige omstandigheden vond makkelijk stapeling van organisch materiaal plaats. Of er tussen 2001 en 2016 opbouw van organisch materiaal plaatsvond, is niet duidelijk. De gehaltes verschillen waarschijnlijk te veel door onnauwkeurigheid in het terugvinden van de locaties. In de concentratie basische kationen vond wel een duidelijke verandering plaats: terwijl deze concentratie in 1992 nog tussen 5 en 10 meq/kg lag, was deze in alle proefvlakken, op de hoge van transect 1 na, gestegen tot circa 20-35 meq/kg. In het hoge pq van transect 1 nam de concentratie basische kationen juist af tot circa 1,2 meq/kg. Hierdoor was er in dit pq in 2016 ook sprake van een zeer hoge Al/Ca-verhouding van 8. Dit betekent dat er voor zeldzamere, karakteristieke soorten van heischraal grasland waarschijnlijk sprake was van aluminiumtoxiciteit. Concentraties anorganisch stikstof namen in de loop van de jaren af van hoge waarden, met vooral een hoge concentratie van ammonium, tot lage waarden beneden 50 µmol/kg. De verandering in bodemchemie in het hoge pq van transect 1 is goed terug te zien in de vegetatieontwikkeling: hier verdwenen soorten van heischraal grasland en ontstond een soortenarme heidevegetatie. De buffering in de rest van de vochtige heischrale pq's nam waarschijnlijk toe onder een grotere grondwaterinvloed.



Figuur 20 *Veranderingen in de bodemchemie in het Brecklenkampse veld sinds 1991. Organische stofgehalte (linksboven), pH-H2O (rechtsboven), som van de basische kationen (midden-links), de aluminium/calcium-verhouding (midden-rechts) en de som van anorganisch stikstof (linksonder).*

3.6.6 Gasterense Duinen

In 1990 werd een strook in de Gasterense Duinen geplagd. Sindsdien is de ontwikkeling op een laag- en een hooggelegen gedeelte van deze plagstrook gevolgd. Op dit moment wordt er geen regulier beheer gevoerd.

Figuur 21 *Voormalige plagplek in de Gasterense duinen in 2016.*

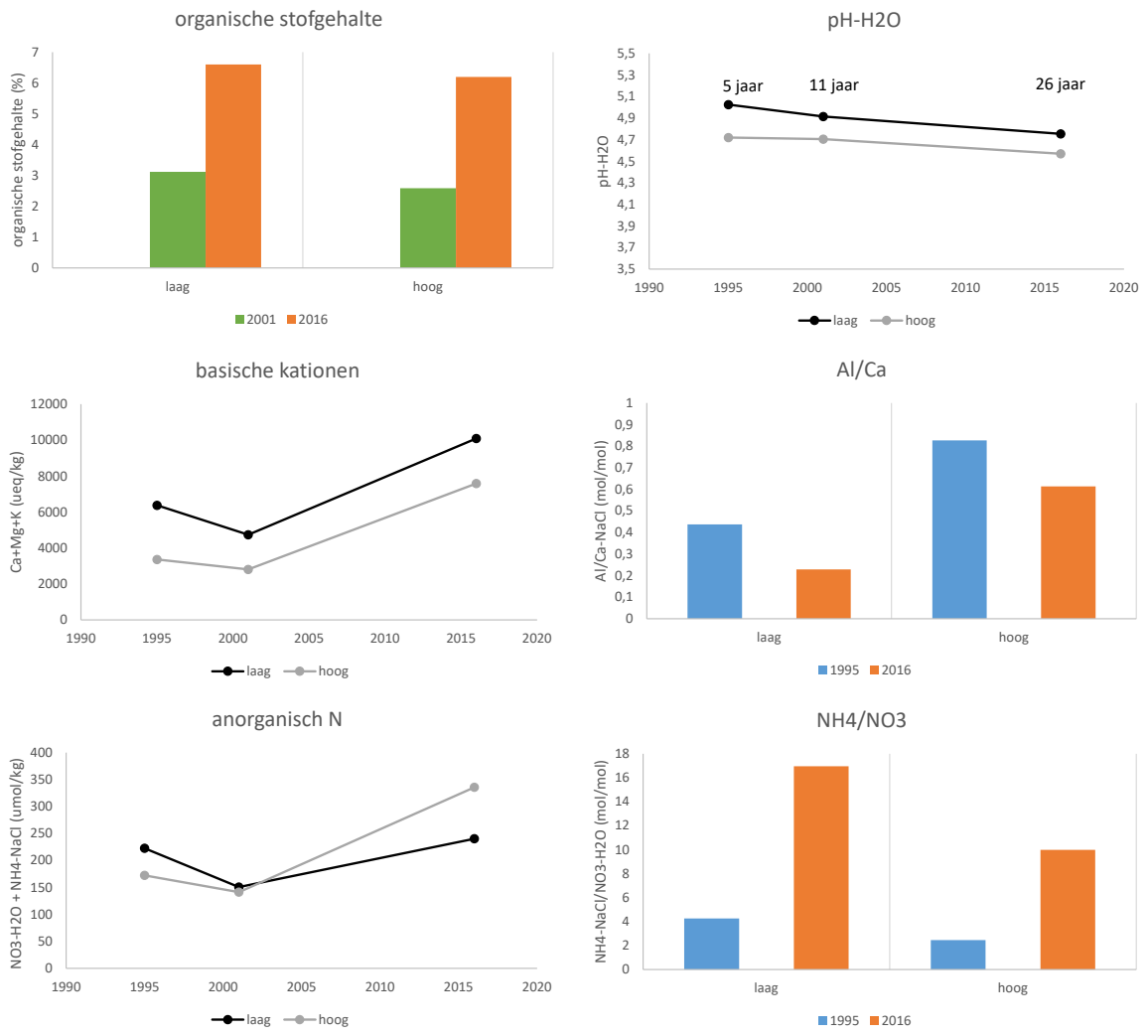
Vegetatie

In het hooggelegen gedeelte was in 2001 Struikhei al dominant en kwam Bochtige smele frequent voor. Hiertussen stonden desondanks ook enkele soorten van heischrale graslanden en de Associatie van Struikhei en Stekelbrem: Liggend walstro, Pilzegge, Fijn schapengras, Muizenoor, Stekelbrem, Kruipbrem en Borstelgras. In 2016 was van deze soorten alleen Liggend walstro nog over. Ook in het laaggelegen deel verdwenen de karakteristieke soorten: naast de hierboven genoemde soorten die ook in het hoger gelegen deel voorkwamen, waren dit Wilde tijm, Grasklokje en Tandjesgras. Ook Liggend walstro verdween hier. De kwaliteitsscore nam in beide proefvlakken sterk af (Figuur 9).

Bodem

Na het plaggen nam het organische stofgehalte behoorlijk toe: binnen 11 jaar was het organische stofgehalte ongeveer 3% en na 26 ongeveer 6,5%. De pH-H_2O nam in de loop van de tijd langzaam af in het laaggelegen deel van 5,1 na 5 jaar tot 4,8 na 26 jaar en kwam daarmee in de richting van de pH van het hooggelegen deel van ongeveer 4,6. Ondanks de pH-afname nam de concentratie basische kationen toe met een factor 1,5-2. Dit kan verklaard worden door de toename van de kationadsorptiecapaciteit met de stapeling van organische stof. Met name het laaggelegen proefvlak was met een concentratie basische kationen van 10 meq/kg en een basenverzadiging van 38% genoeg gebufferd voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland. De Al/Ca-ratio was daarom volgens verwachting laag. De concentratie anorganisch stikstof, dat vooral in vorm van ammonium aanwezig was, was echter vrij hoog, met name in het hooggelegen gedeelte. De verhouding van ammonium en nitraat bleef echter nog tamelijk laag. Het verdwijnen van de soorten van gebufferde heide en droog heischraal grasland in het lagergelegen gedeelte is niet te wijten aan verzuring, maar

aan een te hoge stikstofbeschikbaarheid – waardoor algemene soorten de concurrentieslag winnen – en aan het uitblijven van intensiever beheer.



Figuur 22 *Veranderingen in de bodemchemie in de Gasterense Duinen sinds 1995. Organische stofgehalte (linksboven), pH-H2O (rechtsboven), som van de basische kationen (midden-links), de aluminium/calcium-verhouding (midden-rechts), de som van anorganisch stikstof (linksonder) en de verhouding tussen ammonium en nitraat (rechtsonder).*

3.6.7 Havelterberg ('Hunehuis')

Op de Havelterberg (voorheen ook wel 'Hunehuis' genoemd), is in het najaar van 1991 een strook over een hoogtegradiënt afgeplagd. Daarna zijn zowel het geplagde als het ongeplagde gedeelte gemonitord. Omdat de coördinaten van de proefvlakken nog niet waren vastgelegd en er na 25 jaar niet meer in de vegetatie zichtbaar was welk gedeelte geplagd was, is het niet duidelijk of de bemonstering in 2016 in het geplagde of in het ongeplagde deel heeft plaatsgevonden. Voor de vergelijking met voorgaande jaren zijn de proefvlakken op de verschillende hoogtes gemiddeld en zijn van de voorgaande jaren ook de resultaten van de geplagde en ongeplagde proefvlakken samengenomen. Voor een overzicht van de verschillen in ontwikkeling tussen de geplagde en ongeplagde delen wordt verwezen naar De Graaf *et al.* (2004). Het terrein wordt met een schaapskudde begraasd.

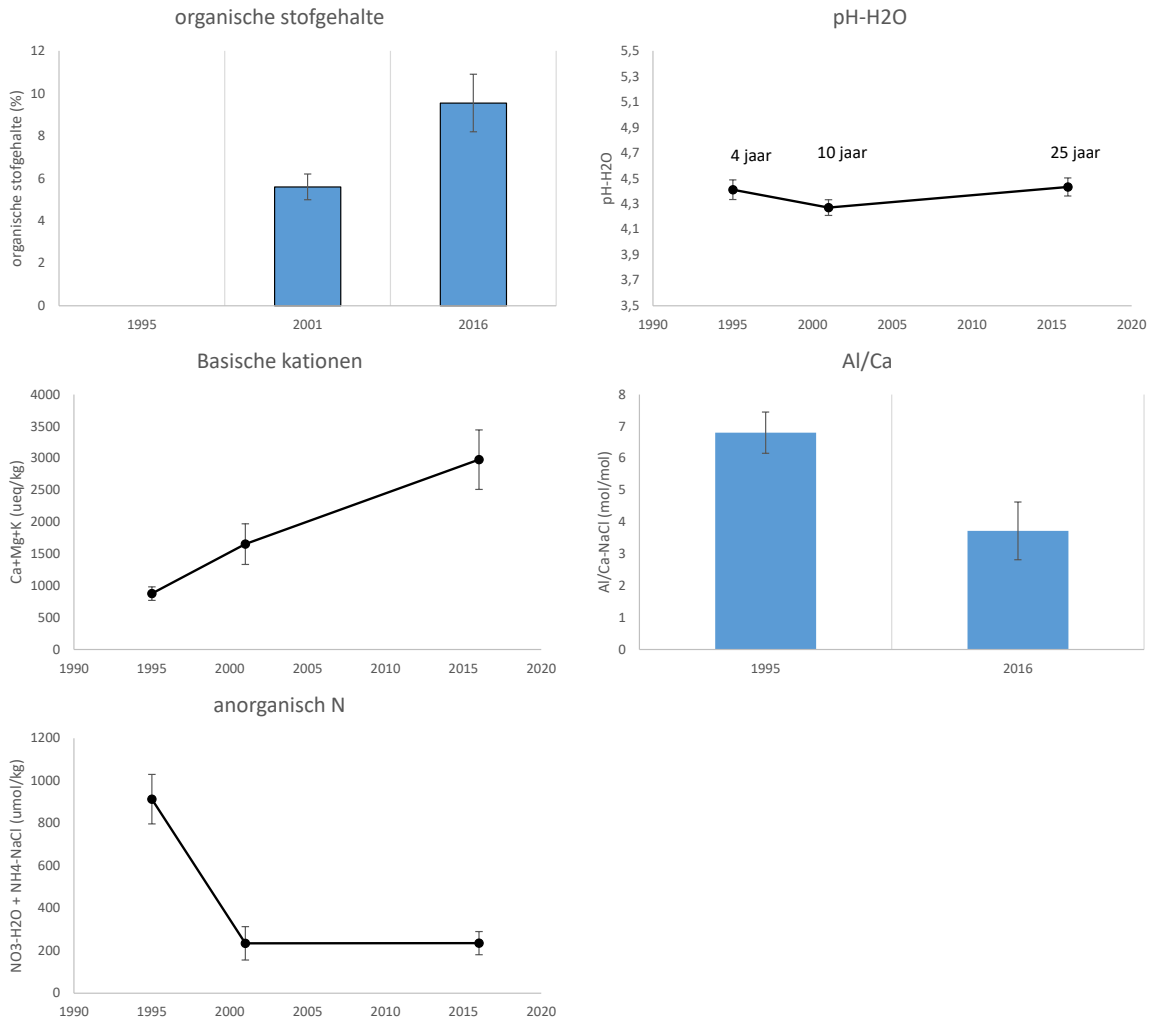
Figuur 23 *Vegetatie op de Havelterberg in 2016.*

Vegetatie

In 2001 werd de ongeplagde vegetatie van de gradiënt op de Havelterberg gedomineerd door Struikhei, Bochtige smele en Pijpenstrootje, in wisselende abundantie. Op de gradiënt kwamen echter ook soorten voor van meer heischrale milieus, zoals Pilzegge, Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Tandjesgras, Tormentil, Klein vogelpootje, Stekelbrem, Kruipbrem en Muizenoor. In 2016 waren deze soorten sterk in aantal achteruitgegaan (Figuur 23). Alleen Liggend walstro, Pilzegge, Tormentil en Vogelpootje werden toen nog aangetroffen. De overige soorten waren verdwenen. Omdat de kwaliteitsscore per permanent kwadraat berekend is en soorten vaak maar op één deel van de gradiënt aanwezig waren, geeft de gelijk gebleven kwaliteitsscore in 2016 (Figuur 9) een wat vertekend beeld van de daadwerkelijke achteruitgang.

Bodem

De pH op de Havelterberg was laag en lag rond pH-H_2O 4,4 (Figuur 24). In de loop van de afgelopen 25 jaar is de concentratie basische kationen flink toegenomen, maar was met 3 meq/kg nog steeds laag. De toename van de basische kationen kan verklaard worden door de opbouw van een organische horizont die na 25 jaar ongeveer 10% organische stof had. Hierdoor nam ook de kationadsorptiecapaciteit toe. De concentratie basische kationen van 3 meq/kg in 2016 correspondeerde met een basenverzadiging van zo'n 13%, wat ver onder de basenverzadiging ligt waarbij droge heischrale graslanden zich goed kunnen ontwikkelen. Ook de Al/Ca-verhouding was met 3,5 daarvoor te hoog. De beschikbaarheid van anorganisch stikstof, met name ammonium, bleef ook na het verdwijnen van de ammoniumpiek na het plaggen hoog. De ammonium/nitraat-verhouding (niet getoond) was met gemiddeld 15 mol/mol niet aanwijsbaar problematisch. De achteruitgang in de vegetatie werd waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van een lage pH en buffering – en een daarbij horende te hoge beschikbaarheid van aluminium ten opzichte van calcium – en een te hoge concentratie anorganisch stikstof.



Figuur 24 *Veranderingen in de bodemchemie op de Havelterberg sinds 1995. Organische stofgehalte (linksboven), pH-H2O (rechtsboven), som van de basische kationen (midden-links), de aluminium/calcium-verhouding (midden-rechts) en de som van anorganisch stikstof (linksonder).*

3.7 Beheer

Van zo veel mogelijk locaties zijn via de beheerders gegevens over beheer vroeger en nu verkregen. In Bijlage 3 staat het overzicht. Het beheer van heischrale graslanden in de afgelopen 10-15 jaar bestaat in de praktijk vrijwel uitsluitend uit regulier beheer. Doorgaans is dit 1x per jaar maaien (en afvoeren van het maaisel) of begrazing met koeien of schapen (jaarrond of einde groeiseizoen). Toch blijkt dat dit regulier beheer niet overal consequent wordt volgehouden. Door achterwege blijven van maaien en/of begrazen, is een aantal terreinen dichtgegroeid met Struikheide (Schaopedobbe, Gasterense duinen, Havelterberg), zodat er eigenlijk geen sprake meer is van heischraal grasland.

Regulier beheer, met name maaien, gaat verruiging tegen door de afvoer van nutriënten. Het grote knelpunt van heischrale vegetaties, namelijk de afname van de buffercapaciteit van de bodem, wordt met regulier beheer niet aangepakt. Ook worden in de praktijk maar heel zelden maatregelen door beheerders uitgevoerd specifiek ter versterking van bestaande populaties. De laatste 20 jaar is er in droge heischrale graslanden (veel) te weinig aan daadwerkelijke bestrijding van bodemverzuring gedaan. Terwijl ook in dit project de gunstige effecten van bekalking weer blijken, bijvoorbeeld in de Schaopedobbe en de Borkeld. Ook wordt er steeds minder geplagd in heiden en heischrale vegetaties. Plaggen in droge heide is doorgaans niet gunstig, maar in heischrale vegetaties kan het wel zinvol zijn.

Depositie van stikstof

Heischrale graslanden zijn zeer gevoelig voor N en bodemverzuring. Als voorbeeld nemen we de PAS gebiedsanalyse Drouwenerzand (provincie Drenthe, 2015). De kritische depositiewaarde (KDW) stikstof voor heischrale graslanden is 714 mol N/ha/jr (zeer gevoelig). De depositie bedraagt in 2014 tussen de 1.140 en 1.242 mol N/ha/jr, met een gemiddelde van 1.174 mol N/ha/jr (Aerius Monitor 15) en daarmee wordt de KDW overschreden. In 2020 wordt een gemiddelde afname van 94 mol N/ha/jr verwacht, waarbij het gemiddelde op 1.080 mol N/ha/jr komt. In 2030 wordt een gemiddelde afname van 177 mol N/ha/jr verwacht. In 2030 is de gemiddelde depositie op dit habitattype 997 mol N/ha/jr. Dit is nog altijd beduidend meer dan 714 mol N/ha/jr. De bestaande depositie moet dus verder omlaag, willen we heischrale graslanden duurzaam behouden. En tot die tijd moeten meer (PAS) beheermaatregelen voor herstel van de buffercapaciteit worden genomen.

3.8 Samenvatting vegetatie en bodemchemie

- Naar schatting is het totale oppervlak redelijk tot goed ontwikkeld heischraal grasland in Nederland op dit moment (2016) maximaal 30-40 ha. Lang niet alle in Natura 2000-terreinen gekarteerde habitats H6230 betreft (nog) heischraal grasland.
- Een groot deel van de onderzochte droge heischrale graslanden (Associatie van Liggend walstro en Schapengras) in Natura 2000-gebieden had een bodem die slecht gebufferd was (lage basenverzadiging). Dit in tegenstelling tot de bemonsterde vochtige heischrale graslanden (Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras), die wat beter gebufferd waren.
- In deze droge heischrale graslanden bepaalden de pH en buffering sterk de kwaliteit van de graslanden.
- Onder verzuurde en geëutrofieerde omstandigheden komen alleen nog soortenarme rompgemeenschappen voor.
- Veel van de heischrale graslanden zijn de laatste 20 jaar verder in kwaliteit achteruitgegaan. Op locaties die 20 jaar geleden geplagd en bekalkt zijn, was deze achteruitgang beperkt.
- Uit de analyse blijkt dat veel van de soorten die karakteristiek en typerend zijn voor heischrale graslanden bleken aantoonbaar gevoelig voor verzuring, waaronder Stijve ogentroost, Hondsviooltje, Mannetjesereprijs en Muizenoor.
- Ook tot voor kort algemene soorten van heischraal grasland, zoals Tandjesgras, Borstelgras en Hondsviooltje, zijn in Nederland sterk afgenomen.
- Plaggen kan een effectieve maatregel zijn om heischraal grasland te herstellen op plekken waar de buffering in de ondergrond hoog genoeg is of waar de buffering kan worden verhoogd door grondwaterinvloed in geval van vochtig heischraal grasland.
- Op plekken waar de buffering niet voldoende is, is bekalken in aanvulling op plaggen noodzakelijk om heischraal grasland te herstellen.
- Bij een voldoende hoge kalkgift, die aan de hand van de bodemchemie dient te worden vastgesteld, is de buffering na 25 jaar nog steeds op orde.
- Na uitvoer van de herstelmaatregelen dient heischraal grasland regulier beheerd te worden door begrazing en/of maaien (+ nabeweiding) om te voorkomen dat Struikhei en Gewone dophei gaan domineren.

4 Levensvatbaarheid meest kritische habitatspecifieke soorten

4.1 Componenten van de levensvatbaarheid

4.1.1 Rozenkransje

Soorteigenschappen
Rozenkransje (*Antennaria dioica*, Asteraceae) is een klonale, tweehuizige plantensoort. Dit houdt in dat er aparte mannelijke en vrouwelijke individuen zijn, die zich elk via vegetatieve zijrozetten klonaal kunnen uitbreiden. De klonen zijn soms klein, bestaande uit enkele rozetten, maar in sommige populaties komen ook grote klonen voor, met een diameter van ca. 1 m. Mannelijke individuen hebben vaak witte, maar soms ook roze, bloemhoofdjes (1-6 per bloeistengel) waaruit antherenkokertjes met helder oranje pollen steken (als antennen, vandaar de wetenschappelijke naam). Vrouwelijke planten hebben meestal roze, maar soms witte bloemhoofdjes met talrijke stempels. Zowel mannelijke als vrouwelijke bloemhoofdjes bevatten elk 40-60 bloempjes.
Bloembezoek wordt zelden waargenomen, en nog het meest frequent door mieren (*Formica fusca*). Of mieren ook pollen van mannelijke op vrouwelijke hoofdjes overbrengen, is niet bekend. Dit gebeurt waarschijnlijk eerder door vliegende bezoekers als kleine solitaire bijen, dansvliegen (*Empis tesselata*) en dagvlinders (*Pyrgus malvae*). De hoofdjes produceren relatief veel nectar, althans in de kas.

Aantal en grootte van de populaties
In Nederland wordt Rozenkransje nog gevonden op zes hoofdlocaties, t.w. in het Noord-Hollands Duinreservaat bij Bergen aan Zee, het Nationaal Park Duinen van Texel en het Goois Natuurreservaat, (alledrie Noord-Holland), in Meijendel (Zuid-Holland), in Nationaal Park Schiermonnikoog (Friesland), en in het militair oefenterrein Havelte-Oost (Drenthe). Genetisch onderzoek is nog niet gedaan, zodat het werkelijke aantal genotypen in de populaties onbekend is. De hieronder genoemde aantallen rozetten en genotypen (klonen, groepen van genetisch identieke rozetten) zijn daarom schattingen op basis van morfologische overeenkomsten en groeiwijzen.

Noord-Hollands Duinreservaat
Hier bevindt zich de grootste (meta)populatie van Nederland. De verspreiding van de soort in het gebied is diffuus, met geclusterde populaties op drie hoofdlocaties en daartussenin hier en daar kleine groepjes klonen. De drie hoofdpopulaties bestaan uit 46 (1620), 65 (952) en 75 (4875) klonen/genets (tussen haakjes het aantal rozetten/ramets). Samen met het kleinere aantal verspreide klonen bestaat de metapopulatie in het gebied uit ca. 7500 rozetten en 200 genotypen. Vanuit genetisch perspectief is de populatie dus aanmerkelijk kleiner dan het grote aantal rozetten doet vermoeden.

Nationaal Park Duinen van Texel
Tot 2014 kwamen op Texel nog drie populaties van het Rozenkransje voor, één in de Geulduinen ter hoogte van Paal 9, één bij de Westerslag en één in de Eijerlandse duinen bij de Krim. Door een ongelukkige poging (van een bij ons niet bekend persoon) de populatie in 2014 te “beheren”, door het uittrekken van graspollen tussen de rozetten, is de Westerslag-populatie inmiddels verdwenen, zodat in 2016 nog twee van de drie populaties resteren. De populatie bij Paal 9 bestaat uit ca. 60 rozetten, die waarschijnlijk (gezien de sterke uiterlijke gelijkenis (vorm en kleur) van de hoofdjes tot slechts één kloon behoren. De populatie in het gebied bij de Krim bestaat uit 65 rozetten, die waarschijnlijk tot maximaal 10 klonen behoren.

Goois Natuurreservaat
In dit gebied komt het Rozenkransje voor in één leemkuil op de Tafelbergheide. Tot 2011 kwam de soort nog op twee sublocaties in deze leemkuil voor, maar in 2016 bleek een daarvan te zijn verdwenen. De huidige populatie bestaat uit 80 rozetten die maximaal tot 12 klonen behoren.
Meijendel

In dit gebied komt het Rozenkransje voor op één locatie met ca. 35 rozetten, die zelden bloeien. Zeer waarschijnlijk behoren deze rozetten allemaal tot maximaal 3-5 klonen.

Nationaal Park Schiermonnikoog
Op Schiermonnikoog komt het Rozenkransje net als in het Noord-Hollands Duinreservaat verspreid voor op 10 verschillende locaties. De afzonderlijke plekken (deelpopulaties) op Schiermonnikoog zijn wél veel kleiner van omvang. Het totaal aantal rozetten bedraagt 1374, verdeeld over de deellocaties als 275, 40, 232, 7, 176, 19, 28, 81, 20 en 496. Het aantal klonen (genotypen) is hier niet (goed) geschat.

Militair oefenterrein Havelte-Oost
Op de zgn. Kleine startbaan in het militaire oefenterrein Havelte werden in 2014 nog 8 bloeistengels van Rozenkransje gevonden. In 2009 waren dit nog 47 bloeistengels. In 2015 bloeide de populatie niet meer, maar nam het aantal rozetten wel (vegetatief) toe tot 35. In 2016 werd ook geen bloei meer waargenomen en werden slechts 4 rozetten gevonden. Het lijkt er dus op dat de laatste populatie in Drenthe op het punt van uitsterven staat (Oostermeijer *et al.* 2016).

Populatieopbouw en seks-ratio
Noord-Hollands Duinreservaat
De drie relatief grote deelpopulaties in het gebied bij Bergen aan Zee bestaat alle uit zowel vrouwelijke als mannelijke individuen (klonen). Enkele kleine en meer afgelegen plekken bestaan uit alleen vrouwelijke individuen. Plekken met alleen mannelijke planten zijn hier niet gevonden. De grootste deelpopulatie – in een vlakke, waarschijnlijk secundaire duinvallei – bestaat uit grote klonen van tientallen rozetten en bloeistengels met een grote diameter. Waarschijnlijk is deze deelpopulatie al relatief oud. De tweede deelpopulatie op een lage noordhelling in een kleinere vallei bestaat juist uit veel kleine klonen, waar de mannelijke en vrouwelijke meer gemengd door elkaar groeien dan op de hiervoor genoemde plek. De derde locatie betreft een noordhelling van een hoog duin, waarop ook relatief grote klonen voorkomen.

Nationaal Park Duinen van Texel
De populatie in de Geulduinen bestaat alleen uit vrouwelijke bloeistengels, die zoals eerder genoemd waarschijnlijk tot dezelfde kloon behoren. De populatie bij de Krim bestaat uit 28 mannelijke bloeistengels, waarvan het aantal klonen op het oog moeilijk te schatten is. Op ongeveer 6 m afstand daarvan staat op een oppervlak van 1 m^2 een groepje van 8 vrouwelijke planten dat mogelijk uit evenveel verschillende klonen bestaat. De uitgestorven populatie bij de Westerslag bestond geheel uit mannelijke individuen, verspreid ongeveer 60 bloeistengels in ca. 10-12 klonen.

Goois Natuurreservaat
De leemkuilpopulatie op de Tafelbergheide bestaat in 2016 uit 55 vegetatieve rozetten, 22 vrouwelijke en 2 mannelijke bloeistengels, waarbij de meeste vrouwelijke planten ca. 2-3 m van de mannelijke af staan. Vóór 2016 werden slechts één of hooguit enkele bloeistengels door lokale vrijwillige waarnemers gerapporteerd. In 2009 werden door UvA-studenten nog 104 vrouwelijke en 27 mannelijke bloeistengels geteld, maar verspreid over twee deellocaties op ca. 15 m van elkaar.

Meijendel
De enige plek met Rozenkransje in dit gebied bestaat grotendeels uit 50-90 niet-bloeiende rozetten in twee aparte clusters (klonen?). Af en toe worden er enkele bloeistengels waargenomen. In 2009 betrof het slechts één mannelijke en één vrouwelijke bloeistengel, waaruit in ieder geval geconcludeerd kan worden dat de groep rozetten uit meerdere klonen en beide geslachten bestaat.

Nationaal Park Schiermonnikoog
Van de 10 deelpopulaties op Schiermonnikoog bestaan er 4 alleen uit vrouwelijke klonen en twee alleen uit mannelijke. Drie plekken hebben veel meer (92-99%) vrouwelijke dan mannelijke bloeistengels en één populatie heeft 75% mannelijke en 25% vrouwelijke bloeistengels. Daarnaast vertonen de mannelijke en vrouwelijke klonen ook een opvallend significant verschil in bloeitijd (Wolma en Slagter, 2011), wat kruisbestuiving ook bemoeilijkt.

Militair oefenterrein Havelte-Oost
Als sinds het begin van het onderzoek naar de levensvatbaarheid van Rozenkransje bestaat de laatste populatie in Drenthe alleen uit vrouwelijke individuen. Deze waren in eerste instantie nog verdeeld over drie plekken, maar inmiddels is de niet meer bloeiende populatie teruggedrongen tot één plek van niet meer dan 0,5 m^2.

Habitatkwaliteit
Noord-Hollands Duinreservaat
De vegetatie in de grootste metapopulatie van Nederland bestaat grotendeels uit een goed ontwikkeld mozaïek van (hei)schraal duingrasland (*Taraxaco-Galietum*), ontwikkeld in voormalige vochtige duinvalleien uit de Knopbiesgemeenschap, en Kruipwilg-Kraaiheistruweel. Groeiplaatsen op noordhellingen behoren tot een *Anthyllido-Silenetum/Salici-Empetretum* mozaïek. De bodem is nog nauwelijks ontkalkt, basenverzadiging en pH zijn nog hoog.

Nationaal Park Duinen van Texel
De vegetatie in de Geulduinen bestaat uit *Salici-Empetretum* met *Rosa pimpinellifolia*, waar Rozenkransje voorkomt in een open plek met grazige vegetatie van *Festuca ovina, Veronica officinalis, Hieracium pilosella* en *Hieracium pilosella*. In het aangrenzende duincomplex is een prachtige, door runderen en (vervolgens) konijnen kortgegraasde heischrale duingraslandvegetatie aanwezig van het *Botrychio-Polygaletum*, waarin uitbreiding van het Rozenkransje zeer succesvol zou kunnen plaatsvinden als de populatie levensvatbaar was. In de Krim is de vegetatie waarin Rozenkransje groeit vergelijkbaar aan de Geulduinen, maar is de aangrenzende voormalige vochtige duinvallei veel verder verruigd en verzuurd, met relatief dicht *Salici-Empetretum* met pleksgewijs dominantie van *Calluna vulgaris*. *Genista tinctoria* is talrijk aanwezig op deze locatie. Ook de vegetatie bij de Westerslag, van waaruit Rozenkransje recent is verdwenen, is van hetzelfde type: open plekken heischraal duingrasland in Salici-Empetretum met *Rosa pimpinellifolia*.

Goois Natuurreservaat
De vegetatie in de leemkuil op de Tafelbergheide komt overeen met het kalkrijke duingrasland bij Bergen aan Zee, maar heeft door het voorkomen van *Thymus serpyllum, Pimpinella saxifraga* en *Campanula rotundifolia* ook kenmerken van het *Festuco-Thymetum serpylli*. Rozenkransje komt voor in de door konijnen zeer kort afgegraasde vegetatie. Hoewel er meerdere omheiningen rond de leemkuil zijn geplaatst om konijnenbegrazing tegen te gaan, was dit niet succesvol en zitten de konijnen nu beschermd tegen vossen in een enclave i.p.v. buiten een exclosure.

Meijendel
De vegetatie in de kalkrijke duinen van Meijendel behoort tot het *Anthyllido-Silenetum*, met soorten als *Gentiana cruciata, Satureja acinos, Silene nutans* en *Orobanche picridis*. Ook op deze locatie wordt geworsteld met begrazing (en vertrapping) door runderen en vraat aan de bloeistengels door konijnen. De uitrasterpogingen, die ook weer leiden tot overgroeiing, zijn onlangs min of meer gestaakt (med. H. van der Hagen, Dunea).

Nationaal Park Schiermonnikoog
De vegetatie op Schiermonnikoog is vergelijkbaar aan die van de andere groeiplaatsen: (hei)schraal, maar nog enigszins kalkrijk duingrasland in mozaïek met *Salici-Empetretum* dat op enige ontkalking duidt. Aspectbepalend zijn soorten als *Festuca ovina, Galium mollugo* en/of *G. verum, Hieracium pilosella, Rubus caesius, Empetrum nigrum, Salix repens* en *Rosa pimpinellifolia*.

Militair oefenterrein Havelte-Oost
In feite is dit nog de enige resterende groeiplaats van Rozenkransje in “echt” heischraal grasland, behorende tot de associatie *Gentiano-Nardetum* (19Aa2). Dit is kwalitatief nog een van de best ontwikkelde vegetaties van dit type, met grote populaties van soorten als *Polygala serpyllifolia, Pedicularis sylvatica, Viola canina, Botrychium lunaria* en *Danthonia decumbens*. Ook de bodem is verre van verzuurd, met een hoge basenverzadiging (Oostermeijer *et al.* 2016).

Voortplantingssucces

Mede door de scheve seks-ratio of het geheel ontbreken van een van beide geslachten (meestal het mannelijke) wordt in de meeste populaties geen zaad geproduceerd. Zowel bij Bergen aan Zee als op Schiermonnikoog zitten er in de meeste vruchthoofdjes wél goed ontwikkelde zaden, hoewel op Schiermonnikoog minder dan in Bergen aan Zee. Handmatige toevoeging van (extra) stuifmeel leidde op Schiermonnikoog in 2009 ook tot een toename van de zaadzetting (#zaden/hoofdje), hoewel dat bij een eerder onderzoek in 2006 óók het geval was in de Bergen aan Zee-populatie (Oostermeijer & Lainé, 2007). Het onderzoek in 2009 liet ook zien dat in het Goois Natuurreservaat toen van nature nog steeds 20 zaden per bloemhoofdje werden gevormd, maar daarna was zowel de bloei erg laag en het aandeel mannelijke bloei nam sterk af.

De toename van zaadzetting na handmatige pollentoevoeging wijst erop dat de tweehuizigheid van de soort van nature al tot een relatief lage zaadzetting leidt, ook in een grote populatie. Lage jaarlijkse zaadproductie is op zich door de lange levensduur van de klonen demografisch ook geen probleem, omdat een langlevend genotype gedurende de hele levensduur in principe meerdere kansen heeft om gebruik te maken van een window-of-opportunity dat openslaat door een combinatie van een jaar goede bestuiving en zaadzetting en een daaropvolgend jaar met succesvolle kieming en vestiging. Een populatie die uit één geslacht bestaat, kan daar echter nooit gebruik van maken. Ook toenemende ruimtelijke of temporele scheiding tussen mannelijke en vrouwelijke bloeistengels, bijvoorbeeld door verruiging/verbossing op Schiermonnikoog (Oostermeijer & Lainé, 2007; Wolma & Slagter, 2011), resulteert in lagere zaadzetting.

Genetische diversiteit

De genetische diversiteit is bij Rozenkransje nog nooit onderzocht. Dit verdient wel aanbeveling, omdat met behulp van moleculaire merkers eenvoudig kan worden onderzocht uit hoeveel klonen/genotypen de resterende populaties nog bestaan. De hierboven genoemde populatiegroottes zijn nu nog steeds schattingen op basis van morfologische overeenkomst en groeipatronen. Ook geeft een genetische analyse inzicht in de mate van inteelt in de individuele populaties, wat onderbouwing kan vormen voor populatie-versterkingen (genetic rescue). De beste heischrale graslanden en nog goed gebufferde bodems bevinden zich in Havelte. Onvoldoende genetische diversiteit zou een verklaring kunnen zijn dat de soort desondanks uit Havelte verdwenen is.

4.1.2 Kleine schorseneer

Soorteigenschappen

Kleine schorseneer (*Scorzonera humilis*) is een lage, overblijvende rozetplant met een dikke penwortel en gaafrandige bladen die veel weg hebben van Smalle weegbree. De soort maakt één tot meerdere bloeistengels die elk één tot meerdere bloemhoofdjes kunnen dragen. De soort is zelf-incompatibel, wat betekent dat zelfbestuiving niet mogelijk is, en kruisbestuiving alleen met individuen die een andere variant van het SI-gen hebben. Genetische diversiteit is dus essentieel voor het functioneren van het voortplantingssysteem.

Bloembezoek vindt plaats door allerlei insecten, zoals (dag)vlinders, solitaire bijen, honingbijen, en kevers. Omdat de soort vroeg bloeit (hoofdbloei in mei), vormt hij een belangrijke voedselbron voor bloembezoekende insecten in zijn habitat.

De habitat wijkt in Nederland en bijv. de Lüneburger Heide af van de rest van Europa, in de zin dat de soort hier voorkomt in droog heischraal grasland en open plekken in droge heide op goed gebufferde bodem, terwijl hij in de meeste andere Europese landen wordt gevonden in vochtige tot natte mesotrofe hooilanden of in de lagg-zone van hoogvenen.

Aantal populaties

In Nederland resteren van Kleine schorseneer nog vier populaties, waarvan drie op de Veluwe (Hoge Veluwe, Radio Kootwijk, de Harskamp) en nog één op de Hondsrug in Drenthe (Zuiderveld).

De populatie in het Nationale Park de Hoge Veluwe is met ca. 900 individuen de grootste. Deze individuen zijn wel verspreid over 10 deelpopulaties in het Braamsveld, die op 25-700 m van elkaar liggen. Rond Radio Kootwijk komen verspreid nog ca. 60 individuen voor, in vijf deelpopulaties op 300-500 m van elkaar. Er is nog geen bezoek gebracht aan de populatie in de Harskamp.

De populatie in het Zuiderveld in Drenthe is de laatste in deze provincie en bestaat uit ca. 25 individuen die de laatste jaren niet meer tot bloei kwamen. In 2016, tijdens veldwerk in het kader van populatieherstel, werden drie bloeiende exemplaren aangetroffen. Een groep van 14 individuen die uit de Drentse populatie is uitgestoken, bevindt zich momenteel in de kas/proeftuin van Science4Nature (UvA-Amsterdam) t.b.v. vermeerdering van de genetische diversiteit (zie verder in dit rapport).

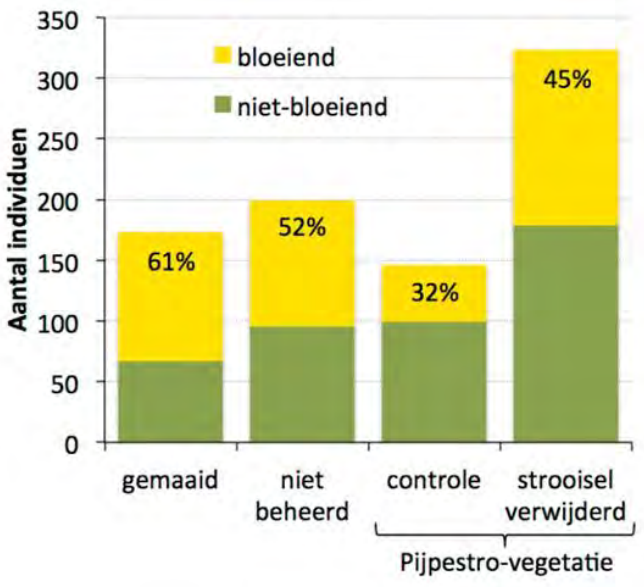
Populatieopbouw

Op de Hoge Veluwe worden af en toe wel enkele nieuwe vestigingen gevonden. Het is niet altijd duidelijk of dit kiemplanten uit zaad betreft of door wilde zwijnen omgewoelde (delen van) penwortels die vervolgens in de omgewoelde grond weer uitlopen. Het laatstgenoemde fenomeen treedt vrij algemeen op in de Lüneburger Heide. Gezien de zeer geringe natuurlijke zaadzetting (zie verder) is kieming uit zaad minder snel te verwachten. Onderzoek op de Hoge Veluwe laat zien dat het percentage bloei van volwassen planten afhankelijk is van het beheer (zie Habitatkwaliteit).

Bij Radio Kootwijk en in Drenthe zijn uitsluitend bloeiende en niet-bloeiende volwassen planten gevonden. Gezien de vegetatiestructuur en het voortplantingssucces hier zijn juveniele stadia hier ook niet te verwachten. Aangenomen moet dus worden dat deze populaties sterk vergrijsd zijn.

Er zijn (nog) geen gegevens beschikbaar over de populatieopbouw van de Harskamp-populatie.

Habitatkwaliteit



Figuur 25 *Effecten van verschillende vormen van beheer op het percentage bloei van volwassen individuen van Kleine schorseneer op de Hoge Veluwe in 2015 (naar Verheijden 2015).*

In alle populaties was, voordat met onderzoek naar de soort werd begonnen, de vegetatie van grote delen ernstig vergrast met voornamelijk Pijpenstrootje. Uitzonderingen zijn enkele deelpopulaties op de Hoge Veluwe langs de regelmatig (te vroeg) gemaaide randen van het fietspad en in de rolbaan en op de opstelplaatsen van het voormalige vliegveld op het Braamsveld. De vegetatiestructuur langs de fietspaden is kort en relatief open, maar het maaitijdstip is hier te vroeg en verhindert de vorming van goed afgerijpt zaad. In de opstelplaats met Kleine schorseneer in heischraal grasland, met veel Hondsviooltje, Pilzegge, Liggende vleugeltjesbloem en Gelobte maanvaren, wordt de grond door wilde zwijnen af en toe flink omgewoeld, hetgeen in principe geschikt kiemings- en vestigingsmilieu voor de soort oplevert. Momenteel het meest geschikt lijkt de rolbaan zelf, waar de *Calluna*-vegetatie een relatief open structuur heeft. Daar zijn vanwege een lopend onderzoeksproject met wildcamera's echter nog geen uitgebreide waarnemingen verricht (afspraken met dr. J. Bokdam).

Naast de rolbaan is samen met de Flora- en Faunawerkgroep Vrienden van de Hoge Veluwe herstelbeheer uitgevoerd om de vergraste Pijpenstrootje-vegetatie opener van structuur te maken. Het is gebleken dat daardoor het percentage bloei sterk kan worden verbeterd. Ook komen in het beheerde deel steeds meer individuen tevoorschijn, die daarvoor waarschijnlijk een verborgen bestaan leefden, ondergronds of onder het strooisel. De totale (zichtbare) populatiegrootte in het gebied is daardoor van 400 tot meer dan 850 individuen toegenomen.

De vegetatiestructuur van de Harskamp-populatie is nog niet onderzocht, maar is waarschijnlijk (ervan uitgaande dat deze overeenkomt met de heischrale vegetatie met *Arnica montana* in hetzelfde terrein) relatief open en weinig vergrast door branden in de late winter of het vroege voorjaar.

In het gebied rond Radio Kootwijk komen sommige deelpopulaties voor in sterk vergraste droge heide/heischraal grasland, sommige in afgeplagde terreindelen en één deelpopulatie groeit aan de grazige rand van een fietspad in een open dennenaanplant. Net als op de Hoge Veluwe vindt hier enige begrazing door herten of reeën plaats, en af en toe wordt de bodem omgewoeld door wilde zwijnen. Zwijnen (en ook dassen) eten waarschijnlijk ook graag penwortels van Kleine schorseneer als ze die vinden, maar geven daar dus kiemingsmilieu voor terug. Wanneer in een levensvatbare, grote populatie het voortplantingssucces goed is, hoeft de predatie dus geen problemen op te leveren.

In Drenthe groeide de populatie in het Zuiderveld lange tijd in een plagplek en langs een karrenspoor in een matig vochtige tot droge *Calluna*-heide. De achteruitgang van de populatie heeft ongetwijfeld te maken met het dichtgroeien van deze plagplek en van de het hele terrein, dat sterk vezuurd is en door oude *Calluna*-struiken wordt gedomineerd. Staatsbosbeheer heeft bij het inzetten van het soortherstelproject de populatie uitgerasterd tegen runderbegrazing en heeft het deel waar de schorseneren volgens de coördinaten moesten staan, gemaaid. De populatie bleek het jaar erna ongeveer 5 m verderop te staan, waarna het raster is verplaatst. De planten staan nu in een exclosure in een relatief open *Calluna*-vegetatie. Recent is in het terrein een aantal plagplekken gemaakt die vervolgens zijn bekalkt.

Voortplantingssucces

Zoals gezegd, is de Kleine schorseneer zelf-incompatibel, zodat genetische diversiteit essentieel is voor een goede zaadzetting. Daarnaast is bloembezoek noodzakelijk om compatibel stuifmeel zo veel mogelijk tussen de open bloemhoofdjes te verspreiden. Hoewel bloembezoek aan Kleine schorseneer wel is waargenomen (Senden, 2014, Verheijden, 2015), is het wel schaars en waarschijnlijk

onvoldoende voor een optimale bestuiving. De natuurlijke zaadzetting in de grote populatie van de Hoge Veluwe is namelijk zeer gering (<1%). In de eerste jaren van het onderzoek bleek dat de deelpopulaties zeer asynchroon bloeien en dat in de hele populatie in het Braamsveld gemiddeld slechts 2-3 hoofdjes tegelijk open waren en dan vaak nog op ruimtelijk sterk gescheiden plekken. Door middel van extra handmatige bestuivingen kon de zaadzetting daardoor slechts tot 16% worden vergroot (Senden, 2014, Oostermeijer *et al.* 2014). Ook nu door middel van het hierboven beschreven herstelbeheer de bloei sterk is toegenomen, is de zaadzetting nog steeds zeer laag: slechts 2 van de 360 gemerkte bloemhoofdjes (=0,6%) produceerde in 2015 kiemkrachtig zaad!
De oorzaken van de slechte zaadzetting, die ook de populatie bij Radio Kootwijk plaagt, zijn nog niet helemaal opgehelderd. Omdat in de kas opgekweekte planten uit de Veluwse populaties handmatig goed kruisbaar zijn, lijkt de genetische diversiteit (voor het S-locus) niet per se beperkend. Asynchrone bloei, ruimtelijke isolatie en te beperkt bloembezoek lijken samen de grootste problemen te vormen. Daarnaast zijn planten van Kleine schorseneer ook merkwaardig "gevoelig": van veel planten die er eerst op het oog goed uitzagen, verwelken de bloeistengels voortijdig, en 50% van de hoofdjes knikt om en beschimmelt zonder goed zaad te vormen. Uit het buitenland is een soortspecifieke schimmelinfectie bekend (*Microbotryum scorzonerae,* Liu *et al.* 2009), maar ondanks dat verwelkte bloeistengels schimmelplekken vertonen, zijn de kenmerken daarvan niet typisch voor *Ustilago scorzonerae*.

Genetische diversiteit
In 2014 is de genetische diversiteit van twee Veluwse en de Drentse populaties van Kleine schorseneer met behulp van AFLP-merkers onderzocht (Paauw, 2014). Hieruit bleek dat de diversiteit (H_E) van beide Veluwse populaties vergelijkbaar was, en van middelhoog niveau, en hoger dan van de veel kleinere Drentse populatie (Hoge Veluwe: H_E=0.23; Radio Kootwijk: H_E =0.22, Zuiderveld: H_E =0.15). Ten opzichte van algemene soorten met vergelijkbaar voortplantingssysteem is de genetische diversiteit ongeveer de helft.

De genetische differentiatie (verschillen tussen twee populaties t.g.v. toename van de onderlinge afstand of door toevallige steekproefafwijkingen bij kleine populaties (genetische drift)) tussen beide Veluwse populaties was wel aanwezig, maar relatief laag (F_{ST}=0,038). De differentiatie van beide populaties ten opzichte van de Drentse populatie was vergelijkbaar en duidelijk hoger (F_{ST} HV-D = 0,108; F_{ST} RK-D=0,112). Dat wijst vooral op het "normale" effect van de geografische afstand tussen de Veluwe en Drenthe, en niet zozeer op genetische verschillen in aanpassing of ecologie tussen beide populaties.

De genetische differentiatie (F_{ST}-waardes) tussen de verschillende deelpopulaties binnen de Hoge Veluwe en binnen Radio Kootwijk zijn juist helemaal niet gerelateerd aan hun onderlinge afstand. Differentiatie tussen twee deelpopulaties op de Veluwe waren soms hoger dan die tussen de Veluwe en Drenthe (deelpopulatie R en Q, op 50m van elkaar: F_{ST}=0.16), en soms ook veel lager, of twee deelpopulaties nou dicht bij elkaar lagen (deelpopulatie B en C, op 50m van elkaar: F_{ST}=0.003) of juist ver van elkaar af (deelpopulatie B en P op 400m van elkaar: F_{ST}=0.012). Dit "uiteenvallen" van de normale ruimtelijke genetische structuur (van nature door Isolation By Distance (IBD) gevormd) wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de populaties vergrijsd zijn en niet meer door uitwisseling van zaden en stuifmeel met elkaar in verbinding staan (Paauw, 2014; Oostermeijer *et al.* 2014).

4.1.3 Knollathyrus

Soorteigenschappen
De Knollathyrus (*Lathyrus linifolius*, Fabaceae) is een geofyt met wortelknolletjes en vegetatieve (klonale) uitbreiding door uitlopers. De wortelknolletjes zijn kenmerkend voor de Vlinderbloemigen-familie en dienen naast ondergrondse overleving en opslag van reservevoedsel ook voor stikstoffixatie. Individuen hebben meerdere een- tot tweebloemige trossen in de bladoksels. De bloemen zijn hermafrodiet en produceren na bestuiving en bevruchting door hommels 3-5 cm lange peulen met maximaal 10 zaadknoppen.

Aantal populaties
Bij de laatste uitgebreidere inventarisatie van het aantal resterende populaties (Weeda 2015) werden populaties genoemd in Drenthe (Havelterberg: 5 (deel)populaties; en in de bermen van een landweg bij Borger-Odoorn en een fietspad bij Emmen), in Gelderland op de Veluwe (Hoge Veluwe, Leemputten Staverden, Koningsheide bij Arnhem, bij Speuld en Hoog Soeren) en in Noord-Brabant nog in het Landgoed Tongelaar (1 individu). In 2016 is gezocht naar de populatie op de Hoge Veluwe en is de soort niet teruggevonden (mond. med. Niko Visser, Flora- en Faunawerkgroep HV). De laatste waarneming van Koningsheide stamt uit 2013 (15 (bloei)stengels). In de Leemputten bij Staverden is de soort in 2016 nog waargenomen met 51 (bloei)stengels. In Zuid-Limburg is de soort sinds 2010 niet meer waargenomen. Daar groeide de soort echter niet in heischraal grasland.

Populatieopbouw
Over de populatiegrootte en -opbouw is zonder genetisch onderzoek moeilijk iets te zeggen. De soort breidt zich met uitlopers vegetatief uit, zodat het vermoeden bestaat dat de huidige populaties misschien wel uit één of enkele klonen zijn opgebouwd (Weeda 2015). Om dit vast te kunnen stellen, is het nodig om de genetische verwantschap tussen de verschillende stengels van een populatie te bepalen. In de provincie Drenthe is hiervoor aan Science4Nature subsidie verstrekt en de bemonstering van bladmateriaal daarvoor heeft in 2016 plaatsgevonden. In 2017 zullen ook de overige populaties worden bemonsterd.

Habitatkwaliteit
Met subsidie van de Provincie Drenthe is in 2016 een simpele inschatting gemaakt van de habitatkwaliteit van de resterende populaties. In het gebied van de Havelterberg blijken twee populaties voor te komen in soortenrijk heischraal grasland van goede kwaliteit. Boven op de Havelterberg (beheer SBB) zijn echter ook groeiplaatsen van Knollathyrus die sterk aan het verruigen zijn, met veel opslag van Sporkehout en/of grote oude struiken Struikhei met veel Pijpenstrootje en Bochtige smele.

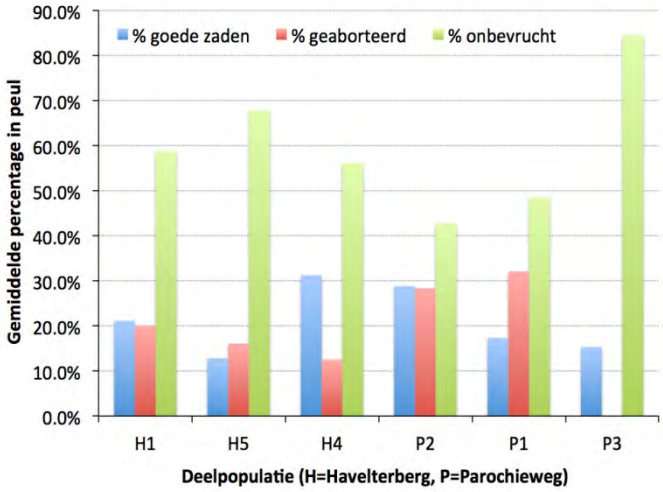
De twee “bermpopulaties” bij Emmen (beheer bij gemeente) hebben door hun ligging buiten natuurreservaten en direct grenzend aan landbouwpercelen een duidelijk ongunstiger toekomstperspectief. Inwaai van stikstof leidt tot eutrofiëring en verzuring, zichtbaar aan dichte vegetaties van Rood zwenkgras met Schapenzuring, Smalle weegbree, Gestreepte witbol, Grote brandnetel, Boerenwormkruid en Fluitenkruid. Daartussen vinden we kleine stukken van enkele vierkante meters met restanten van oorspronkelijk (hei)schraal grasland in overgang naar bos/struweel, met soorten als Stijf havikskruid, Echte guldenroede, Tormentil, Fijn schapengras en Grasklokje.

In Landgoed de Tongelaar (beheer Brabants Landschap) bevindt zich één plek Knollathyrus van ± 1 m^2 op een walletje/boomsingel grenzend aan weilanden. De plek wordt bij het maaibeheer afgebakend, zodat de plant(en) worden gespaard. De vegetatie wordt ook hier langzaam ruiger, met opslag van o.m. Braam, en de vitaliteit van de plant(en) lijkt wat af te nemen.

Voortplantingssucces

Gegevens over de zaadzetting zijn alleen beschikbaar voor enkele Drentse populaties, maar geven wel inzicht in het voortplantingssucces van Knollathyrus (Figuur 27). Gemiddeld ontwikkelen slechts 2-3 van de 10 zaadknoppen in een peul zich tot een kiemkrachtig zaad (blauwe balken). Gemiddeld 60% van de zaadknoppen blijft niet bevrucht (groene balken), wat wijst op (a) een tekort aan bloembezoek óf (b) op zelf-incompatibiliteit, waardoor een deel van het op de stempels gedeponeerde stuifmeel niet kan kiemen omdat de pollendonor genetisch van het verkeerde (niet-compatibele) type was. Gemiddeld 18% van de bevruchte zaadknoppen die zich tot zaad ontwikkelde, wordt geaborteerd (rode balkjes), wat het gevolg kan zijn van inteelt (expressie van lethale genvarianten). Wanneer Knollathyrus zelf-incompatibel is én klonaal is de kans groot dat er door bloembezoekers relatief weinig compatibel stuifmeel wordt overgebracht, omdat het meeste stuifmeel van dezelfde kloon zal komen. Inteelt kan optreden wanneer het zelf-incompatibiliteits-systeem niet 100% “waterdicht” is, of wanneer het aantal klonen (genotypen) in een populatie klein is en de klonen ook nog eens aan elkaar verwant zijn.

Het voortplantingssucces verschilde in 2016 niet significant tussen de twee onderzochte gebieden. De berm van de twee populatie bij Emmen was gemaaid voordat de peulen rijp waren en kon daardoor niet onderzocht worden.



Figuur 27 *Gemiddelde voortplantingssucces van drie deel-populaties van Knollathyrus in het gebied Havelterberg (n=50) en drie in de berm van de Parochieweg bij Emmen (n=50).*

Figuur 26 *Peul van Knollathyrus met twee ontwikkelende zaden, negen niet-bevruchte en drie bevruchte en daarna geaborteerde zaadknoppen.*

Genetische diversiteit

De genetische diversiteit van de Nederlandse Knollathyruspopulaties is nog niet onderzocht. Met subsidies van de Provincies Drenthe en Noord-Brabant zal dit echter in 2017 wel gebeuren. Dan kan worden vastgesteld wat de genetische diversiteit van de restpopulaties is, in welke mate er vegetatieve uitbreiding en vestiging uit zaden optreedt en hoe groot de populaties (genetisch) nu precies zijn. Tevens kan worden onderzocht of er genetische verschillen zijn tussen de planten/populaties met lijnvormige deelblaadjes en planten/populaties met langwerpig-eivormige deelblaadjes (Weeda 2015).

4.2 Knelpunten in de levensvatbaarheid

4.2.1 Rozenkransje

Het grootste knelpunt in de levensvatbaarheid van het Rozenkransje is in veel populaties genetische verarming, in een duidelijk zichtbare vorm, nl. het ontbreken (of bijna geheel ontbreken) van een van beide geslachten, waardoor seksuele voortplanting niet langer mogelijk is. Deze genetische drift treedt als toevalseffect op in (zeer) kleine populaties. Het lijkt erop dat de mannelijke planten eerder verdwijnen dan de vrouwelijke, omdat de meeste eenslachtige populaties uit alleen vrouwtjes bestaan. Dit kan te maken hebben met een grotere gevoeligheid van mannelijke planten voor verzuring, mogelijk doordat deze minder goed geïnfecteerd zijn met mycorrhiza (Varga & Kytöviita 2008). De afname van populatiegrootte is waarschijnlijk veroorzaakt door de eutrofiëring en vooral verzuring van veel standplaatsen, waarbij Rozenkransje zich alleen op de meest gebufferde locaties (leemkuil, met leem versterkte startbaan, (relatief) kalkrijk duingrasland) heeft kunnen handhaven, soms ternauwernood.

In de duinen zou ook de sterke verruiging van de vegetatie door de combinatie van te hoge stikstofinput en het instorten van de konijnenpopulatie een negatief effect op de populaties van Rozenkransje gehad kunnen hebben. Hoewel de habitatkwaliteit op veel locaties herstellende is, vooral door allerlei EGM-maatregelen, kunnen de te kleine populaties zich niet meer herstellen, omdat de levensvatbaarheid reeds te sterk is aangetast. Niet alleen is een van beide geslachten (bijna) verdwenen, maar ook is het aantal genetisch verschillende individuen in de populaties afgenomen, waardoor ze gevoelig zijn geworden voor inteelt, wat de kwaliteit van de nakomelingen nadelig beïnvloedt.

Kleine populaties zijn ook kwetsbaar voor (beheers)ongelukjes, zoals blijkt uit het onlangs nog verdwijnen van de Westerslagpopulatie op Texel ten gevolge van (zo te zien) een goedbedoelde poging om de rozetten vrij te maken van concurrentie door schapengras. We moeten ons daarbij realiseren dat door zo'n actie in één klap een zeer belangrijk deel van de genetische diversiteit van de Texelse (meta)populatie is verdwenen: van de nog ca. 90 mannelijke bloeistengels resteren er nu nog slechts 28 op heel Texel.

Uit het voorgaande hoofdstuk wordt ook duidelijk dat habitatkwaliteit voor Rozenkransje niet het belangrijkste knelpunt voor de levensvatbaarheid vormt. In principe is deze op bijna alle locaties waar de soort momenteel nog voorkomt, goed te noemen. Uitzondering is de populatie van de Krim op Texel, waar in de directe omgeving van de resterende planten door oppervlakkige ontkalking weinig goed gebufferde plekken aanwezig zijn. De omringende vegetatie bestaat voornamelijk uit Violo-Corynephoretum en de aangrenzende valleibodem uit relatief dicht Salici-Empetretum.

Wel een knelpunt is de begrazing door konijnen (en in Meijendel ook runderen). In principe zorgt begrazing voor een gunstige korte en open vegetatiestructuur voor Rozenkransje, maar wanneer de populatie te klein is, worden vaak alle bloeistengels afgevreten, waardoor de toch al aanwezige voortplantingsproblemen nog eens versterkt worden. Uitrasteren is niet altijd een optie, omdat dan de vegetatiehoogte en -dichtheid snel toenemen, wat de vegetatieve uitbreiding en bloei van Rozenkransje weer nadelig beïnvloedt.

4.2.2 Kleine schorseneer

Voor Kleine schorseneer zijn er meerdere knelpunten in de levensvatbaarheid, deels afhankelijk van de locatie. Een belangrijk knelpunt in alle populaties (behalve misschien de niet-onderzochte Harskamp-populatie) is het voortplantingssucces in de vorm van de extreem lage zaadproductie. Zelfs in de nog zeer grote populatie op de Hoge Veluwe is de zaadzetting slechts 1%, hetgeen betekent dat een rijpe vruchtstengel met kiemkrachtige zaden een grote zeldzaamheid is. Daardoor zijn alle populaties aangewezen op de gelukkig lange levensduur van de volwassen planten, die te danken is aan de opslag van reservevoedsel in de dikke en lange penwortel én het vermogen om bij beschadiging van de kop van de penwortel vegetatieve zijrozetten te vormen. Vestiging van nieuwe

individuen in geschikte (geschikt gemaakte) terreinen of terreindelen is door het ontbreken van zaad niet mogelijk, zodat beheer dat alleen gericht is op habitatherstel niet effectief is.

Habitatherstel is echter wél noodzakelijk, want ook op sommige standplaatsen van Kleine schorseneer hebben stikstofvermesting en verzuring geleid tot verstruiking/vergrassing. Door activiteiten van de Duitsers in de Tweede Wereldoorlog (verharding van het wegdek met bufferend materiaal) zijn op de Hoge Veluwe de zgn. rolbaan en de bijbehorende opstelplaatsen voor vliegtuigen nog steeds zeer goed gebufferd zodat hier, nadat het belangrijkste knelpunt – de geringe zaadzetting – is opgelost, goede perspectieven blijven voor ontwikkeling van een levensvatbare populatie van Kleine schorseneer. Bij Radio Kootwijk is deze buffering minder of niet aanwezig, en leidt bijv. afplaggen of chopperen waarschijnlijk niet direct tot een gunstig kiemingsmilieu. Datzelfde geldt voor de populatie in het Zuiderveld in Drenthe, waar leem aan het maaiveld niet (meer) aanwezig is en buffering van de momenteel uitgeputte en verzuurde bodem alleen door behandeling met steenmeel of Dolokal te bereiken is. Ook bij Radio Kootwijk is behandeling met steenmeel waarschijnlijk de beste methode om de standplaatskwaliteit voor soorten van heischraal grasland te herstellen.

In combinatie met het bovengenoemde habitatherstel moet met name in beide Veluwse (meta)populaties aandacht besteed worden aan betere verbindingen tussen de versnipperde, in het gebied gelegen deelpopulaties. Ook hierin kan herstel van heischraal grasland door middel van behandeling met steenmeel een rol spelen.

4.2.3 Knollathyrus

De belangrijkste knelpunten in de levensvatbaarheid van de Knollathyrus zijn door het ontbreken van specifiek onderzoek nog niet goed vast te stellen. Zo is zonder genetisch onderzoek nog niet duidelijk hoe groot de resterende populaties precies zijn en hoeveel genetische diversiteit er nog over is.

Duidelijk is wel dat in de Drentse populaties het voortplantingssucces met gemiddeld 20% zaadzetting niet erg hoog is. Dat kan voor een overblijvende klonale soort echter best een normaal beeld zijn, dus valt er zonder goed vergelijkingsmateriaal en zonder verdere bestuivingsexperimenten nog niet veel zinnigs van te zeggen.

Met betrekking tot de habitatkwaliteit kan gesteld worden dat er op de Havelterberg door de goede buffering van de bodem gunstige voorwaarden zijn voor een levensvatbare metapopulatie, zeker wanneer ook hier aandacht aan verbindingen tussen de terreinen met heischrale vegetatie wordt besteed (zie Kleine schorseneer). Meer aandacht van de beheerder voor de lokaal optredende verruiging van de vegetatie en de opslag van bijv. grote aantallen Sporkehout is in dit gebied ook nodig. Beide “bermpopulaties” bevinden zich in een riskante situatie, waar beheerafspraken niet goed (of niet altijd goed) lijken te werken en waar vanuit de aangrenzende landbouwpercelen waarschijnlijk veel stikstof inwaait. Dat is reeds te zien aan oprukkende nitrofiele ruigtesoorten als Fluitenkruid, Braam, Grote brandnetel en Boerenwormkruid. Of op deze riskante locaties duurzaam levensvatbare populaties kunnen worden hersteld, is maar zeer de vraag. Translocatie naar natuurgebieden met goede kwaliteit heischraal grasland (evt. in overgang naar bos) valt hier ook te overwegen.

4.2.4 Globale inschatting gevoeligheid voor afname levensvatbaarheid

Op basis van gegevens in de literatuur en eigen expertise is een inschatting gemaakt van de gevoeligheid van 20 voor heischraal grasland kenmerkende plantensoorten (Tabel 6). We willen benadrukken dat de inschatting door het grotendeels ontbreken van gegevens over voortplantingssysteem, bloembiologie en genetische diversiteit slechts een slag slaat naar de werkelijke gevoeligheid voor afname van het voortplantingssucces (ook wel Allee-effect genoemd), inteelt en inteeltdepressie en afname van genetische diversiteit (genetische erosie). Door afname van populatiegrootte en toename van de isolatie zal genetische erosie bij alle soorten optreden en het aanpassingsvermogen aantasten. Het meest gevoelig voor genetische erosie zijn echter de zelf-incompatibele soorten als Valkruid, Kleine schorseneer, en waarschijnlijk ook Heidekartelblad en Tandjesgras. Bij deze soorten leiden afname van populatiegrootte en toename van de mate van isolatie tot verlies van de voor een goede voortplanting noodzakelijke varianten voor het zelf-incompatibiliteitsgen (de zgn. "s-allelen"), zodat genetische erosie zich direct uit in een afnemende zaadzetting. Die lage zaadproductie komt doorgaans dus niet door verminderd bloembezoek, want deze soorten zijn wat betreft hun bestuivers doorgaans generalistisch, d.w.z. ze worden bezocht door een breed scala aan insectenordes. Omdat directe zelfbestuiving bij zelf-incompatibele soorten niet mogelijk is, treedt inteelt doorgaans minder snel op, maar wanneer deze wél optreedt – bijv. doordat het zelf-incompatibiliteitssysteem niet goed (meer) werkt –, is de inteeltdepressie juist extra sterk.

Tabel 6 *Overzicht van de uit literatuurgegevens afgeleide, veronderstelde eigenschappen van de kenmerkende plantensoorten van heischraal grasland die hun levensvatbaarheid kunnen beïnvloeden. Op basis van de combinaties van eigenschappen is een (ruwe) inschatting gemaakt van de relatieve gevoeligheid van elke soort voor afnemende zaadproductie, inteeltdepressie en genetische erosie.*

						geschatte gevoeligheid		
Soort	Levensvorm[1]	Levensduur[2]	Voortplanting[3]	Bestuiving	zaad-bank	zaad-productie	inteelt-depressie	genetische erosie
Rozenkransje	H, klonaal	O, I, lang	tweehuizig, Kr	div. insecten	nee	++	++	++
Valkruid	H, klonaal	O, I, lang	Kr, ZI	div. insecten	nee	++	+	++
Gelobde maanvaren	G	O, I, lang	Kr	water	ja	?	?	+
Heidezegge	H, klonaal	O, I, lang	Kr	wind	nee	?	++	+
Gevlekte orchis	G	O, I, lang	Kr	bijen, hommels	nee	+	++	+
Groene nachtorchis	G	O, I, lang	gemengd Z-Kr	wespen, kevers	nee	±?	++	+
Tandjesgras	H, klonaal	O, I, lang	Kr, ZI?	wind	ja	++?	+	+
Liggend walstro	H, klonaal	O, I, lang	gemengd Z-Kr	vliegen	ja	–?	+	+
Klokjesgentiaan	G (H)	O, I, lang	gemengd Z-Kr	hommels	nee	+	++	+
Veldgentiaan	T	A, S, kort	gemengd Z-Kr	hommels	ja	±	+	+
Knollathyrus	G, klonaal	O, I, lang	Kr	hommels	ja	++	++	++
Borstelgras	H, klonaal	O, I, lang	Kr, Agamo	wind	nee	–?	++	+
Heidekartelblad	H	B, S, kort	Kr, ZI?	hommels	nee	++?	++	+
Welriekende nachtorchis	G	O, I, lang	Kr	nachtvlinders	nee	+	+	+
Liggende vleugeltjesbloem	Ch	O, I, lang	gemengd Z-Kr	bijen, hommels, vlinders	nee	–?	++	+
Kleine schorseneer	H (G)	O, I, lang	Kr, ZI	div. insecten	nee	++	+	++
Herfstschroeforchis	G	O, I, lang	Kr	bijen, hommels	nee	+	++	+
Betonie	H, klonaal	O, I, lang	gemengd Z-Kr	bijen, hommels	ja	++?	++	+
Blauwe knoop	H, klonaal	O, I, lang	gemengd Z-Kr	bijen, hommels, vlinders	nee	++	++	++
Kleine tijm	Ch	O, I, lang	gynodioecisch, gemengd Z-Kr	bijen, hommels	ja	+?	++	++

[1]H=Hemicryptofyt, groeipunt in/op maaiveld; G=Geofyt, met zetmeelhoudende knol, bol of wortel(stok); Ch=Chamaefyt, (dwerg)struik, houtige stengel; T = therofyt, één- of tweejarig.

[2]O=Overblijvend; A=annuel (éénjarig); B=biannuel (tweejarig); I=Iteropaar, meerdere malen bloeiend tijdens leven; S=Semelpaar, éénmalig bloeiend.

[3]Kr=Kruisbestuivend, Z=Zelfbestuivend; ZI=Zelf-Incompatibel (genetisch mechanisme dat zelfbevruchting voorkomt); Agamo=Agamospermie, ongeslachtelijke zaadvorming zonder bestuiving; gynodioecisch: indiv. met hermafrodiete bloemen en indiv. met vrouwelijke bloemen

Een ander geval wordt gevormd door zelf-compatibele soorten, die in grote populaties normaal gesproken worden kruisbestoven, maar in kleine populaties door het ontbreken van voldoende bloembezoek gedwongen worden om zichzelf te bestuiven. Voorbeelden van zulke soorten zijn Klokjes- en Veldgentiaan, en waarschijnlijk ook Liggende vleugeltjesbloem, Groene nachtorchis, betonie, Blauwe knoop en Kleine tijm. Juist bij deze soorten zal in kleine, geïsoleerde populaties inteeltdepressie een belangrijk knelpunt in de levensvatbaarheid vormen. Vaak gaat de afname van bloembezoek ook samen met een lagere zaadzetting, zodat de kwaliteit van de nakomelingen zowel kwantitatief (aantallen zaden) als kwalitatief (prestaties nakomelingen) achteruitgaat.
Er is ook een groep soorten die waarschijnlijk zelf-compatibel is, maar door de bouw of rangschikking van de bloemen of bloeiwijzen moeite heeft om zichzelf spontaan te bestuiven. Voorbeelden daarvan zijn Rozenkransje (tweehuizig) en de orchideeën Welriekende orchis, Gevlekte orchis en Herfstschroeforchis. Bij de laatste drie soorten zorgt de tijd die nodig is voor het rijpen (of de juiste positie innemen) van de stuifmeelklompjes (pollinia) op de kop van de bloembezoeker er doorgaans voor dat overdracht van stuifmeel tussen bloemen van hetzelfde individu nauwelijks optreedt. Bij allerlei soorten orchideeën is aangetoond dat individuen in kleine populaties gemiddeld minder vruchten en zaden produceren, en dat genetische erosie ook plaatsvindt.

Of Knollathyrus zelf-compatibel of zelf-incompatibel is moet nog blijken. Bestuiving tussen bloemen die tot dezelfde kloon behoren (= zelfbestuiving) zal bij deze soort afhankelijk van de mate van klonale uitbreiding vaak voorkomen. De door ons waargenomen lage zaadzetting (Figuur 18) hangt hier misschien mee samen. Klonaliteit vormt mogelijk ook bij Liggend walstro een probleem, maar over deze soort is zo goed als niets bekend.

De resterende soorten: Borstelgras, Gelobde maanvaren en Heidezegge zijn in zekere zin buitenbeentjes. Van Borstelgras is bekend dat populaties ook ongeslachtelijk zaden kunnen maken (apomixis), net als paardenbloemen. Aan de andere kant lijken borstelgraspollen in Nederland heel weinig zaden te maken, wat suggereert dat apomixis hier niet voorkomt. Gelobde maanvaren heeft waarschijnlijk een relatief goede sporenverspreiding, maar wanneer het aantal individuen afneemt, zal ook de sporenwolk sterker verdund raken, waardoor de eruit groeiende ondergrondse prothallia mogelijk een te lage dichtheid hebben om kruisbevruchting via bodemvocht mogelijk te maken. De zaadcellen moeten dan mogelijk gewoon te ver zwemmen om een ander prothallium te bereiken. In hoeverre zelfbevruchting tussen zaad- en eicellen op hetzelfde prothallium op kan treden, is onbekend.

Heidezegge zal gezien de typische bloembouw ongetwijfeld op windbestuiving zijn ingericht, net als Tandjesgras, maar in hoeverre dat gepaard gaat met zelf-incompatibiliteit is niet bekend. Onderzoek zal moeten uitwijzen hoe goed de vruchtzetting in de resterende populaties is en of deze samenhangt met populatiegrootte en -dichtheid.

4.3 Herstel van de levensvatbaarheid

4.3.1 Habitatherstel

Hoeveel componenten de levensvatbaarheid van een (meta)populatie van een soort ook heeft, zonder duurzaam aanwezig geschikt habitat kan geen enkele populatie levensvatbaar blijven. Daarom begint herstel van de levensvatbaarheid altijd met herstel van de habitatkwaliteit. Om ervoor te zorgen dat de vaak kleine populaties van de bedreigde soorten uit de gevarenzone raken, is daarbij ook van belang dat de totale oppervlakte aan geschikt habitat toeneemt. Overigens hoeft de geschikte habitat niet altijd op dezelfde locatie aanwezig te blijven: in een gezond ecosysteem kunnen populaties van planten en dieren makkelijk van geschikte plek naar geschikte plek migreren en blijft een metapopulatie op lange termijn levensvatbaar, zolang er maar evenveel lokale populaties bijkomen als er elders verdwijnen.

In het landelijke actieplan herstel heischrale graslanden wordt gestreefd naar het over heel Nederland herstellen van de buffercapaciteit van de bodem in zo veel mogelijk heideterreinen. Met name in droge heide, waar aanvoer van bufferende stoffen via grondwater niet mogelijk is, zal aanreiken van de bodem met steenmeel een belangrijke stap in dat grootschaliger herstelbeheer vormen. In andere delen van dit rapport wordt daaraan uitgebreid aandacht besteed.
Waar mogelijk moet zo veel mogelijk gebruikgemaakt worden van nog aanwezige buffercapaciteit van de bodem, in de vorm van leem (Kleine startbaan, Leemputten Staverden, Leemkuil Tafelbergheide) of ander (ingevoerd) materiaal dat waarschijnlijk sterk overeenkomt met steenmeel (bijv. in de rolbaan op de Hoge Veluwe).

Verder habitatherstel zal vooral bestaan uit het korter en opener maken van de vegetatiestructuur en het tegengaan van dominantie van soorten als Pijpenstrootje, Bochtige smele, Braam, Sporkehout en in de duinen (Rozenkransje) ook Duinroosje en Kruipwilg. Maaien en begrazing en op sommige locaties ook afplaggen (bijv. om nog relatief kalkrijk moedermateriaal te bereiken in oude duinvalleien zoals de Krim op Texel), zijn voor dit doel gangbare beheermaatregelen.
Veel beheerders kennen het verhaal dat na chopperen van een heideterrein op de Veluwe Kleine schorseneer massaal opkwam. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door het versnipperen van de aanwezige penwortels in kleine stukken, die vervolgens weer zijn uitgelopen, en niet door kieming van zaden in het gechopperde terrein. In tegenstelling tot vestiging uit zaad leidt vegetatieve uitbreiding door chopperen niet tot een toename van de genetische diversiteit, hoewel de uitbreiding van de populatiegrootte op zichzelf natuurlijk wel gunstig is.

4.3.2 Herstel genetische diversiteit

Bij veel soorten zijn de populaties zó klein geworden dat ze een belangrijk deel van de genetische diversiteit hebben verloren. Dit leidt bijv. tot een extreme afname van de voortplantingscapaciteit, zoals bij Rozenkransje (populaties die maar uit één geslacht bestaan) en Kleine schorseneer (verminderde compatibiliteit tussen kruisingspartners). Genetische diversiteit is daarnaast ook essentieel voor het vermogen van populaties om zich aan veranderende omstandigheden aan te kunnen passen. Dat is vooral door klimaatverandering extra belangrijk geworden, maar is net zo goed van toepassing op veranderingen in de standplaatsomstandigheden door nieuwe vormen van herstelbeheer. Zo kan een populatie met voldoende genetische diversiteit zich waarschijnlijk makkelijker aanpassen aan een behandeling met nooit eerder gebruikt steenmeel dan een sterk verarmde populatie. Dat zijn aspecten waar in het reguliere natuurbeheer zelden of nooit rekening mee wordt gehouden, maar die wel degelijk een cruciale invloed op het succes ervan kunnen hebben.
De beste methode om de genetische diversiteit van verarmde kleine populaties te herstellen, is om de planten op te kweken in een kas of proeftuin en daar met elkaar te kruisen. Door een specifiek en gericht kweekprogramma kan de in de restpopulaties nog aanwezige genetische diversiteit (a) behouden en (b) vergroot worden. Daarvoor is het essentieel dat representatieve steekproeven van het nog aanwezige genenmateriaal in de kweek terechtkomen, hetgeen bereikt kan worden door op een zo goed mogelijke manier zaden, eventueel vegetatieve delen of zelfs hele planten te bemonsteren. In de kas of proeftuin kan een kruisingsprogramma zonder problemen van bijv. vraat/begrazing, droogte en competitie worden uitgevoerd, met vitale planten die zo veel mogelijk

zaad produceren. Bovendien kan er door handmatige kruisingen voor gezorgd worden dat alle planten met elkaar kunnen kruisen, hetgeen essentieel is voor maximaliseren van de genetische diversiteit. Een in de literatuur veel genoemd risico van het vermengen van genenmateriaal van verschillende populaties is uitteeltdepressie. Dat is ook zeker een fenomeen waarmee rekening gehouden moet worden. Het risico op uitteeltdepressie kan echter goed worden ingeschat met een daarvoor opgestelde beslisboom (Oostermeijer *et al.* 2013), die echter bij voorkeur wordt gehanteerd door deskundigen op dit gebied die weten hoe ze de verschillende componenten moeten inschatten. Kweekprogramma's gericht op het herstel van de levensvatbaarheid van soorten kunnen daarom het best worden uitgevoerd door organisaties met ervaring op dit vlak, zoals Science4Nature.

4.3.3 Kweekprogramma

Rozenkransje

Van deze soort zijn de populaties van Bergen aan Zee, Schiermonnikoog, Goois Natuurreservaat en Texel reeds in de kweek opgenomen. Of de populatie van de Kleine startbaan daar nog aan toegevoegd kan worden, is zeer ongewis, omdat de planten in 2015 en 2016 niet meer bloeiden en in aantal afnemen (Oostermeijer *et al.* 2016 en dit rapport). Als er subsidie gevonden kan worden, kan er in 2017 een poging worden gedaan om zaad te winnen uit de Meijendel-populatie. Dat kan op dezelfde manier aangepakt worden als voor de populaties op Texel en in het Goois Natuurreservaat in 2016. Met subsidie van Landschap Noord-Holland is na handmatige kruisbestuivingen succesvol zaad geoogst, dat momenteel zeer voortvarend opgroeit in de kas van Science4Nature (Figuur 28).

Figuur 28 *Uit zaad opgekweekte nakomelingen van de Rozenkransjespopulaties uit het Gooi en van Texel in de kas van Science4Nature in Amsterdam.*

Het is in het kweekprogramma voor Rozenkransje overigens geenszins de bedoeling om de populaties van verschillende locaties met elkaar uit te kruisen om zo de genetische diversiteit binnen de soort te vergroten. De verschillen tussen de standplaatsen van de soort zijn daarvoor te groot. Het kweekprogramma is erop gericht om de genetische diversiteit binnen de locaties te vergroten door uitkruising van alle uit zaad verkregen planten. Alleen waar wel erg veel genetische diversiteit verloren is, zoals in de alleen uit vrouwtjes bestaande populatie van de Kleine startbaan, zouden we gedwongen zijn geweest om de genetische diversiteit zo verstandig mogelijk aan te vullen. De wetenschappelijke achtergrond van zo'n besluit is dat je bij een extreme vergroting van de genetische diversiteit het proces van natuurlijke selectie gebruikt om een nieuwe populatie te krijgen die optimaal is aangepast aan de nieuwe standplaats. Normaal gesproken gebruiken we deze aanpak met genenmateriaal uit het gebied zelf (zoals met drie kleine populaties van Stengelloze sleutelbloem die alle uit het Drentsche Aa-gebied stammen: Luijten *et al.* 2015).

Wanneer in een kweekprogramma overigens veel populaties van een soort opgenomen zijn, zoals bij het Rozenkransje, is het overigens van belang om dat binnen in een kas te doen, waar je de kruisbestuiving zelf onder controle hebt. Buiten, in een proeftuin, zouden insecten willekeurig alle populaties met elkaar kunnen kruisen, hetgeen in de startfase van een 'genetic rescue'-actie tot een grote en onoverzichtelijke genetische chaos zou leiden.

Kleine schorseneer

Voor deze soort zijn momenteel planten uit de populaties van de Hoge Veluwe, Radio Kootwijk en het Drentse Zuiderveld in het kweekprogramma opgenomen. De planten van beide Veluwse populaties zijn opgekweekt uit zaad dat verkregen is uit handmatige kruisbestuivingen in het veld (Senden, 2014,

Verheijden, 2015). De Drentse planten bloeiden in het veld niet, zodat deze benadering niet kon worden toegepast. Uiteindelijk is besloten om 14 individuen – ongeveer de helft van de resterende populatie – uit te steken en in de kas te plaatsen. Daar zijn enkele planten vrijwel ogenblikkelijk (twee weken na translocatie) gaan bloeien, en alle planten bloeiden het volgende voorjaar tegelijk met de Veluwse, helaas met slechts één bloemhoofdje, zodat er nog niet heel veel zaad van gewonnen kon worden. In voorjaar/zomer van 2016 is een uitgebreid kruisingsprogramma uitgevoerd (Van de Graaff, 2016) en zaden daarvan zijn inmiddels – in samenwerking met FLORON – uitgezaaid in bekalkte plagplekken in het Zuiderveld. Omdat er in Drenthe erg weinig individuen over waren, is ervoor gekozen om nakomelingen van kruisingen tussen Drentse en Veluwse planten uit te zaaien. In 2017 hebben de overgeplaatste planten waarschijnlijk meer bloemhoofdjes en kunnen hopelijk meer kruisingen binnen de Drentse populatie worden uitgevoerd. Gezien de omvang van de populatie neemt daardoor de genetische diversiteit natuurlijk slechts in geringe mate toe, maar een zelf-incompatibele soort kan in principe relatief veel genetische diversiteit in een populatie behouden, omdat er minder vaak zelfbestuiving en kruising met nauwverwanten plaatsvindt.

Knollathyrus

De kweek van deze soort staat nog aan het begin. In twee Drentse populaties (Havelterberg en Parochieweg) kon zaad verzameld worden. De zaden zijn inmiddels gekiemd en de kiemplanten groeien hard en beginnen reeds (na minder dan twee maanden) uitlopers te vormen (Figuur 26). Hierbij komt nog een voordeel van een kweekprogramma tevoorschijn: wanneer je planten in een kas in bloei hebt, kunt je heel eenvoudig experimenteel onderzoeken hoe het voortplantingssysteem van de soort werkt. Met gerichte kruisingsexperimenten is simpel te achterhalen of de soort zelf-compatibel of -incompatibel is en wat het effect van inteelt op de zaadzetting is.
In 2017 zullen zo veel mogelijk andere populaties (Veluwse, N-Brabantse) aan het kweekprogramma van Knollathyrus worden toegevoegd en zal het voortplantingssysteem van de soort nader onderzocht worden. Ook zal een begin worden gemaakt met het ontwikkelen van moleculaire merkers om de genetische diversiteit te kunnen bepalen. Ook dát gaat makkelijker wanneer in de kas – op loopafstand van het moleculaire lab van Science4Nature – planten met vers bladmateriaal voorhanden zijn.

5 Fauna

De kwaliteit van de Europese Habitattypen wordt mede bepaald op basis van voorkomen en trends van typische soorten. Voor Heischrale graslanden (H6230) zijn er in Nederland naast tien typische plantensoorten ook vier typische diersoorten opgenomen in het profiel (zie par 1.4). In dit hoofdstuk worden de status en trends voor de kenmerkende diersoorten besproken. Ook worden daar enige soorten bij betrokken die niet opgenomen zijn op de lijst met typische soorten, omdat zij tevens in andere habitattypen voorkomen, maar wel kenmerkend zijn voor de habitatcondities van Heischrale graslanden.

5.1 Beschouwde diersoorten

Er zijn vier diersoorten als 'typische soorten' voor het habitattype Heischrale Graslanden (H6230) in Nederland aangewezen (Tabel 7): drie soorten vlinders en één krekelsoort. Van deze soorten is alleen de Aardbeivlinder een karakteristieke indicatorsoort met landelijke verspreiding. Het Tweekleurig hooibeestje is sinds 1989 uit Nederland verdwenen. De Veldkrekel komt alleen in de zuidelijke helft van Nederland voor. Het Geelsprietdikkopje komt ook wel in andere habitats voor en is daarom niet een karakteristieke soort maar een constante soort genoemd. Omdat deze vlindersoort landelijk inmiddels als bedreigd beschouwd moet worden, is de betekenis van het Geelsprietdikkopje als karakteristieke soort echter toegenomen.

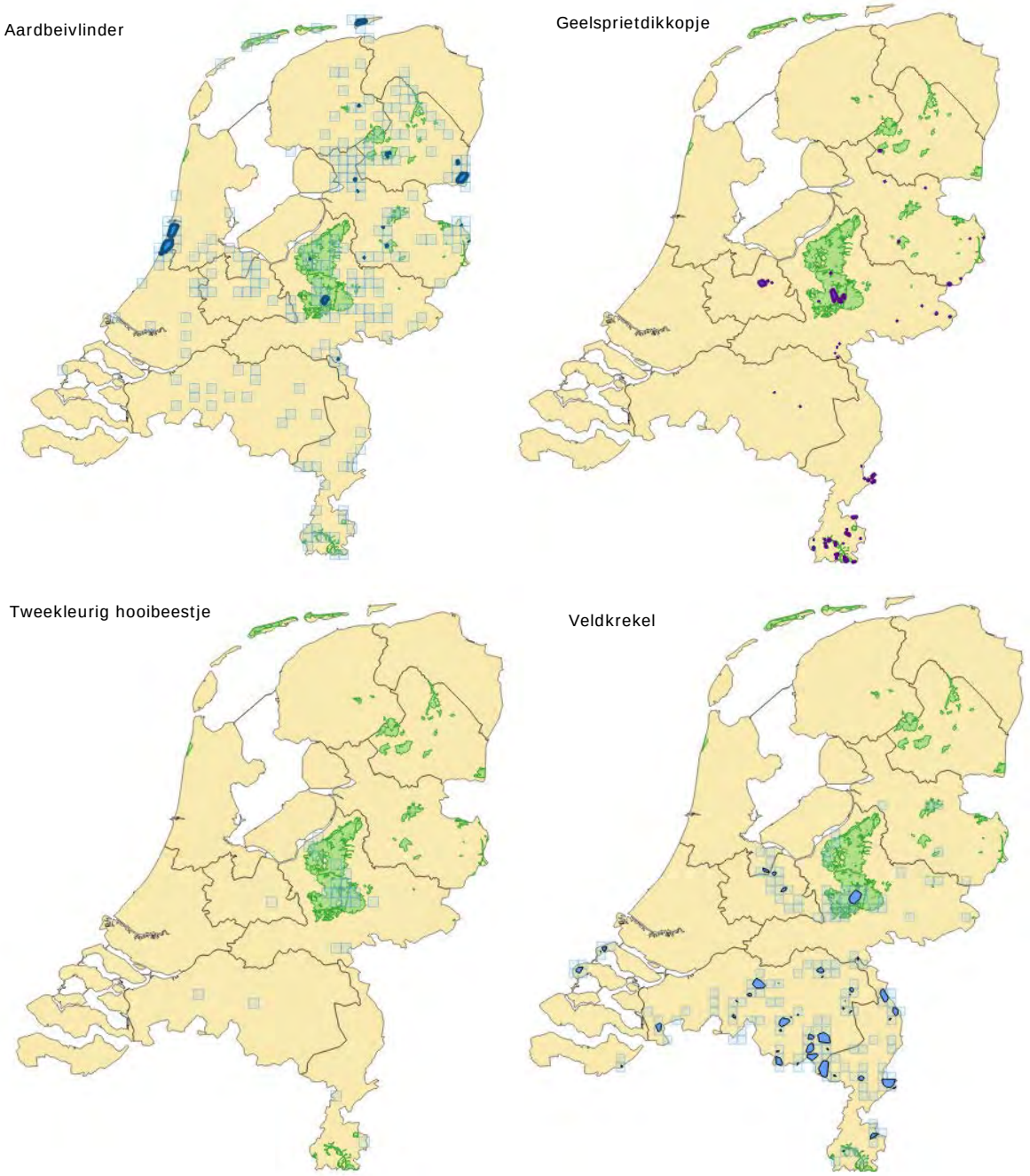
Vanwege het kleine aantal kenmerkende soorten, is gezocht naar een aantal aanvullende soorten die als kenmerkend voor heischrale condities beschouwd kunnen worden. Daarom is besloten (zie Methode 2.3.1) om Bruine vuurvlinder, Duinparelmoervlinder, Grote parelmoervlinder en Kommavlinder toe te voegen als karakteristieke soorten voor de drogere heischrale graslanden en (eveneens) Bruine vuurvlinder en ook het Gentiaanblauwtje toe te voegen als karakteristieke soorten voor de vochtige heischrale graslanden (Tabel 7).

Tabel 7 *Typische diersoorten voor Heischrale graslanden (H6230) en toegevoegde kenmerkende dagvlinders.*

Soort	Wetenschappelijke naam	Criterium	Rode Lijst-status
Aardbeivlinder	*Pyrgus malvae*	Karakteristiek	Bedreigd
Geelsprietdikkopje	*Thymelicus sylvestris*	Contant – kenmerkend voor goede biotische structuur	Thans niet bedreigd
Tweekleurig hooibeestje	*Coenonympha arcania*	Karakteristiek	Verdwenen (1989)
Veldkrekel	*Gryllus campestris*	Karakteristiek	Kwetsbaar
Extra beschouwde soorten:			
Bruine vuurvlinder	*Lycaena tityrus*	–	Gevoelig
Duinparelmoervlinder	*Argynnis niobe*	–	Bedreigd
Gentiaanblauwtje	*Phengaris alcon*	–	Bedreigd
Grote parelmoervlinder	*Argynnis aglaja*	–	Ernstig bedreigd
Kommavlinder	*Hesperia comma*	–	Bedreigd

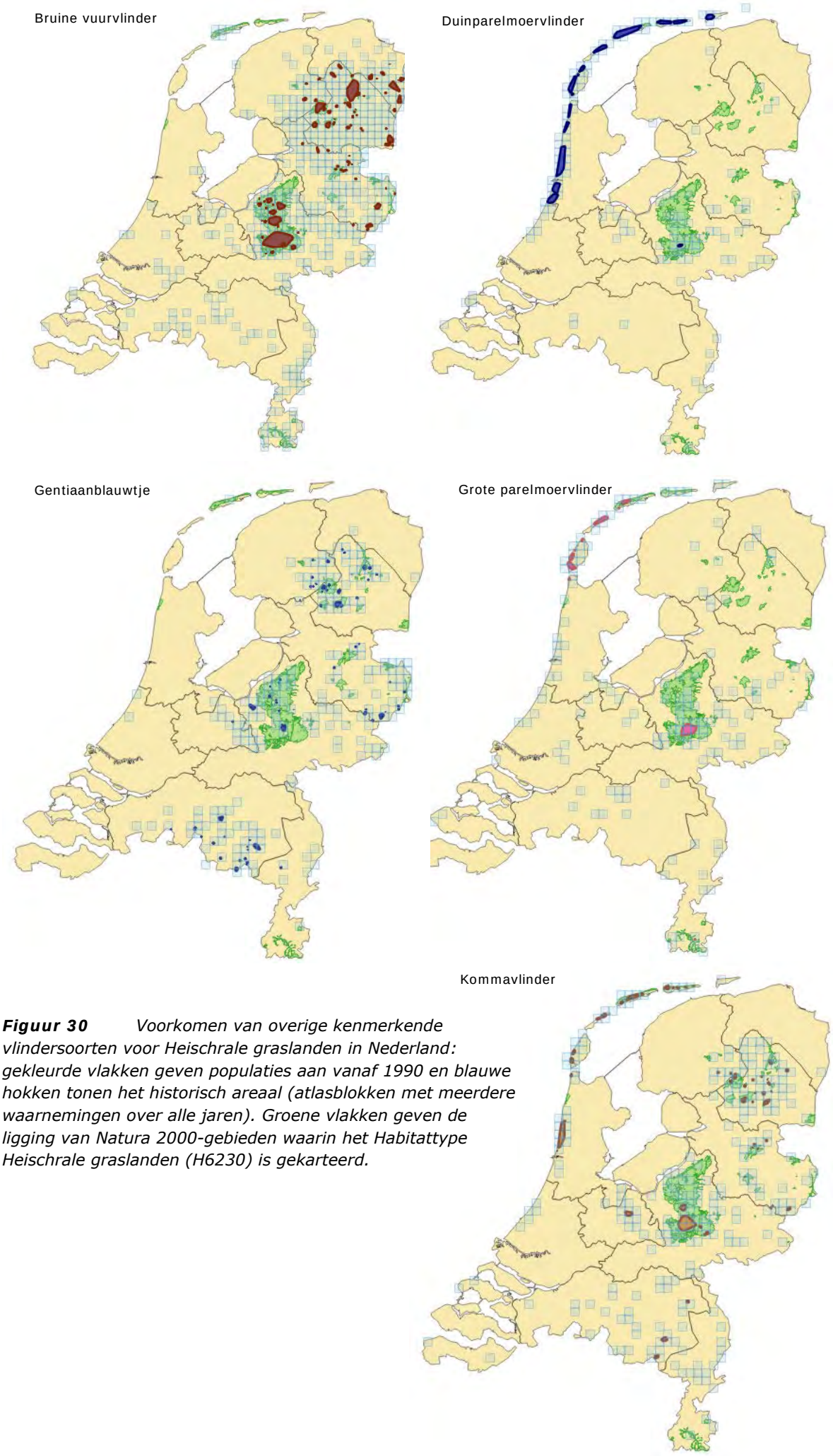
5.2 Voorkomen in Nederland

De actuele en historische verspreiding van de soorten is weergegeven in Figuur 29 voor de typische soorten en in Figuur 30 voor de extra beschouwde soorten. Voor alle soorten is de actuele verspreiding gegeven door het afbakenen van populaties. Deze zijn toegekend op basis van de 'minimum convex polygon' rond clusters van minimaal 10 waarnemingen op een maximale onderlinge afstand van 1 km, wat voor veel soorten als de bovengrens van reguliere verplaatsingen kan worden beschouwd.'



Figuur 29 *Voorkomen van typische diersoorten voor Heischrale graslanden in Nederland: gekleurde vlakken geven populaties aan vanaf 1990 en blauwe hokken tonen voor Aardbeivlinder, Tweekleurig hooibeestje en Veldkrekel het historisch areaal (atlasblokken met meerdere waarnemingen over alle jaren; bron: NDFF). Voor Geelsprietdikkopje is dit vanwege het vroeger wijdverbreide voorkomen van de soort voor de duidelijkheid niet weergegeven. Groene vlakken geven de ligging van Natura 2000-gebieden waarin het Habitattype Heischrale graslanden (H6230) is gekarteerd.*

Van de Aardbeivlinder zijn vanaf 1990 19 populaties bekend. De belangrijkste zijn gelegen op de Veluwe, het Bargerveen, Zuid-Kennemerland en Schiermonnikoog. Bezuiden de grote rivieren is de Aardbeivlinder geheel verdwenen. Benoorden het Noordzeekanaal heeft de soort zich in de duinen nooit gevestigd.
Het Geelsprietdikkopje kwam vroeger op grote delen van de hoge zandgronden en de duinen voor. De soort is nu nog sporadisch te vinden. Er zijn vanaf 1990 nog 47 populaties bekend, vooral op de Veluwe en voormalige vliegbasis Soesterberg, Zuid-Limburg, de Meinweg en enige verspreide locaties in vooral de Achterhoek en Twente.



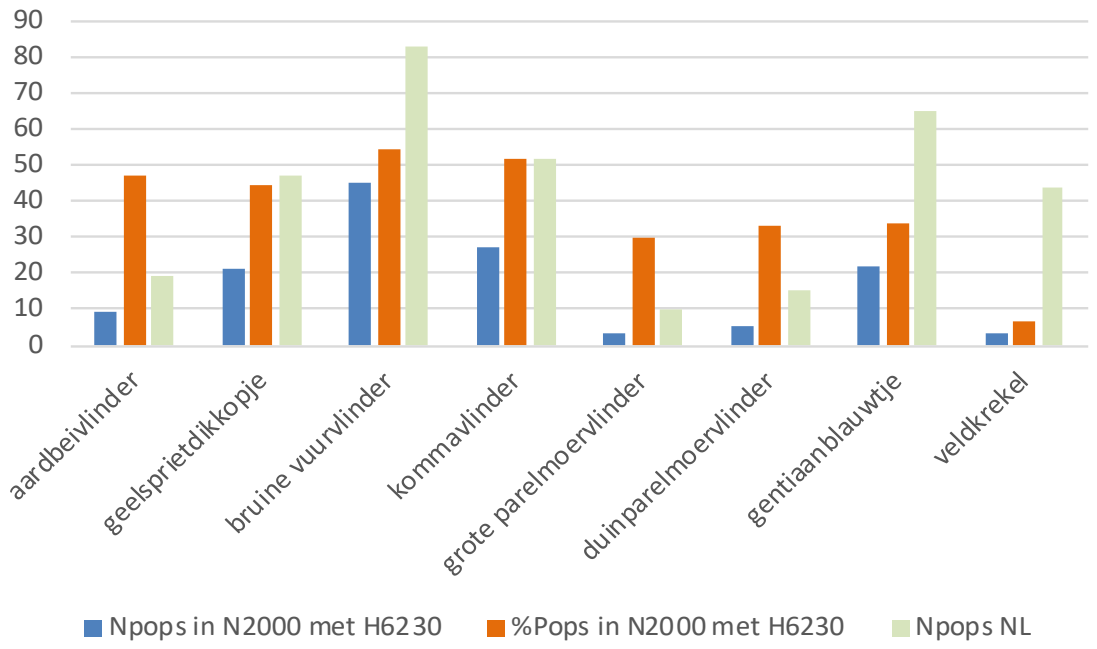
Figuur 30 *Voorkomen van overige kenmerkende vlindersoorten voor Heischrale graslanden in Nederland: gekleurde vlakken geven populaties aan vanaf 1990 en blauwe hokken tonen het historisch areaal (atlasblokken met meerdere waarnemingen over alle jaren). Groene vlakken geven de ligging van Natura 2000-gebieden waarin het Habitattype Heischrale graslanden (H6230) is gekarteerd.*

Het Tweekleurig hooibeestje is sinds 1989 uit Nederland verdwenen. De laatste populaties waren op de Hoge Veluwe en bij Terlet. De soort kwam vóór 1980 verspreid voor op de zuidelijke hogere zandgronden en in Zuid-Limburg.
De Veldkrekel is na een periode van sterke achteruitgang weer aan een opmars bezig, waarbij delen van het vroegere verspreidingsgebied opnieuw zijn gekoloniseerd. In totaal zijn er 44 populaties onderscheiden. In de Achterhoek, Twente, Salland en ook de noordelijke Veluwe is de soort echter niet teruggekeerd.

Van de overige kenmerkende vlindersoorten (Figuur 30) heeft de Bruine vuurvlinder nog de grootste verspreiding, met 83 populaties na 1990. De soort is voor 1980 al grotendeels uit Noord-Brabant, Limburg en de duinen verdwenen. In Drenthe, op de Veluwe en in zuidoost-Groningen worden de belangrijkste populaties gevonden. Verspreid komt de soort nog in Twente en Salland voor.
De Duinparelmoervlinder is na 1990 nog met 15 populaties vertegenwoordigd geweest, maar sinds 2009 is de soort ook van de Hoge Veluwe verdwenen en daarmee van de hele hogere zandgronden. Vroeger kwam de soort daar wijder verbreid voor. Ook langs de hele kuststrook kon de Duinparelmoervlinder worden aangetroffen, maar sinds 1990 ligt de zuidgrens bij Zuid-Kennemerland.
Het Gentiaanblauwtje kon rond 1990 nog op minimaal 65 populaties bogen, maar daarvan is een groot deel uitgestorven. De Veluwe, de Brabantse Kempen, Drenthe en Twente vormen de laatste bolwerken. Het als ondersoort aangemerkte Duingentiaanblauwtje, waarvan de taxonomische status discuTabel is, verdween rond 1980 uit de duinen van Meijendel en de schraallanden van de Meije. De soort is recentelijk ook verdwenen uit Limburg en Utrecht; in zuidoost-Friesland zijn nog twee zeer kleine vliegplaatsen bezet.
De Grote parelmoervlinder komt op vergelijkbare plaatsen voor als de Duinparelmoervlinder, maar is sterker achteruitgegaan. De soort kent nog 10 populaties en komt nog wel op de Hoge Veluwe voor, maar verder alleen op de Waddeneilanden, hoewel de duinen bij Den Helder opnieuw zijn gekoloniseerd.
Van de Kommavlinder zijn nog 52 populaties vanaf 1990 bekend. De Veluwe, Drenthe en vliegbasis Soesterberg vormen de bolwerken op de hogere zandgronden, al komt de soort ook in Noord-Brabant, Twente en Salland nog verspreid voor. In de duinen komt de Kommavlinder tegenwoordig alleen benoorden het Noordzeekanaal voor.

5.3 Voorkomen in N2000-gebieden met heischraal grasland

Het Habitattype Heischraal grasland (H6230) is alleen in Natura 2000-gebieden systematisch gekarteerd. Er is bepaald welk aandeel van de populaties van de 8 actueel aanwezige soorten in Natura 2000-gebieden met Heischraal grasland voorkomt. Over het geheel is dit 40% (135 van de 335 populaties; Figuur 31). Voor 4 soorten is het aandeel met 45-54% bovengemiddeld, namelijk voor Aardbeivlinder, Geelsprietdikkopje, Bruine vuurvlinder en Kommavlinder. Voor 3 soorten ligt het met 30-34% iets onder het gemiddelde: voor Duinparelmoervlinder, Grote parelmoervlinder en Gentiaanblauwtje. En voor de Veldkrekel ligt het aandeel met 7% ver beneden het gemiddelde. Aangezien de Natura 2000-gebieden niet het hele areaal heischraal grasland in Nederland omvat en populaties van de soorten voor een belangrijk deel reeds vóór 1990 zijn verdwenen, kan de overlap van 30-54% voor 7 van de 8 soorten als substantieel worden gezien: de beschouwde soorten kunnen daarmee als zinvolle indicatoren voor heischrale condities worden beschouwd. Dat dit voor de Veldkrekel in mindere mate het geval lijkt, komt deels door de zuidelijke verspreiding van de soort en deels door de succesvolle kolonisatie van voormalige landbouwgronden na verschraling of ontgronding, zodat heischrale condities er worden benaderd zonder dat alle bijbehorende soorten ook aanwezig zijn.



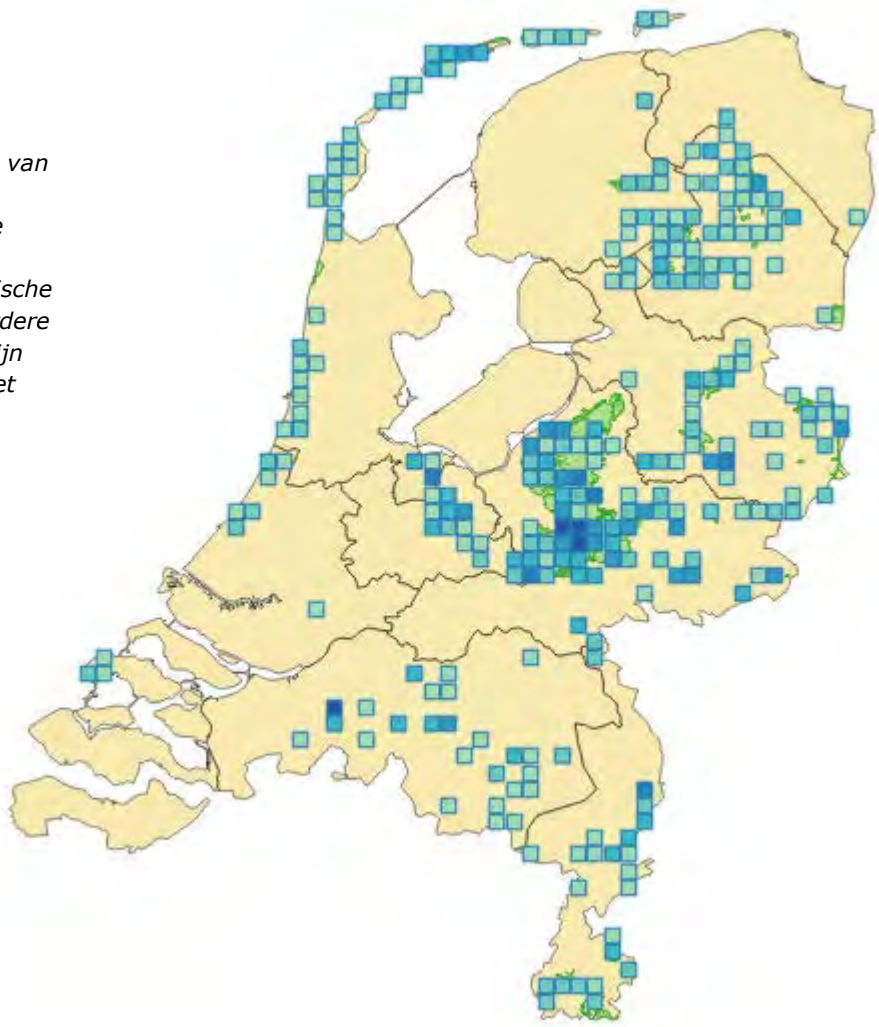
Figuur 31 *Percentage van de recente Nederlandse populaties van de acht actueel aanwezige soorten insecten in Natura 2000-gebieden met het habitattype Heischraal grasland (H6230) (oranje), met ook de absolute aantallen populaties in Nederland (lichtgroen) en in Natura 2000-gebieden met Heischraal grasland (blauw). Als recente populaties zijn aanwezige populaties vanaf 1990 beschouwd.*

In 25 van de 31 Natura 2000-gebieden (81%) zijn 1 of meer van de 8 soorten na 1990 aangetroffen. In 12 gebieden was er slechts 1 soort aanwezig, in 13 gebieden ging het om meerdere soorten (Tabel 7). De soortenrijkere gebieden zijn over het algemeen, zoals verwacht, ook van een grotere omvang. Alleen op de Veluwe komen alle 8 soorten voor, met een veelvoud aan populaties. De Drents-Friese hogere zandgronden tellen 6 gebieden met meerdere soorten. Overijssel telt er 3, de Friese Waddeneilanden 2 en bezuiden de grote rivieren heeft alleen het N2000-gebied Bemelerberg & Schiepersberg meer dan 1 soort (Veldkrekel en Geelsprietdikkopje).

Tabel 8 *Aantal soorten en recente populaties (vanaf 1990) in Natura 2000-gebieden met het habitattype Heischraal grasland (H6230); de 12 gebieden met slechts 1 aanwezige soort zijn niet weergegeven. De oppervlakte betreft de totale oppervlakte van het Natura 2000-gebied.*

N2000-gebied met H6230 (n=31)	Oppervlakte (ha)	N soorten (n=8)	N populaties (n=335)
Veluwe	88.366	8	43
Dwingelderveld	3.768	4	9
Drents-Friese Wold & Leggelderveld	7.466	3	13
Drentsche Aa-gebied	3.902	3	7
Duinen Terschelling	4.040	3	7
Dinkelland	532	3	3
Holtingerveld (Havelte-Oost)	1.754	3	3
Sallandse Heuvelrug	2.217	3	3
Wijnjeterper Schar	170	3	3
Duinen Ameland	2.055	2	7
Vecht- en Beneden-Reggegebied	4.105	2	7
Bargerveen	2.083	2	4
Mantingerzand	780	2	3
Bemelerberg & Schiepersberg	191	2	4

Gebieden met slechts één van de kenmerkende soorten zijn: Aamsveen, Bergvennen & Brecklenkampse Veld, Brunssummerheide, Drouwenerzand, Elperstroomgebied, Geuldal, Lemselermaten, Lonnekermeer, Sint Pietersberg & Jekerdal, Willinks Weust en Zwanenwater & Pettemerduinen.
De gebieden zonder kenmerkende soorten zijn: Boetelerveld, Borkeld, Landgoederen Brummen, Springendal & Dal van de Mosbeek, Stelkampsveld, Van Oordts Mersken.



Figuur 32 *Soortenrijkdom van de 9 beschouwde kenmerkende soorten insecten voor heischrale graslanden per 5x5km-blok, gerekend over hun totale historische areaal (alleen hokken met meerdere waarnemingen voor een soort zijn inbegrepen en alleen hokken met minimaal 3 soorten zijn weergegeven).*

Legenda

Aantal soorten

- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

Natura2000 met H6230

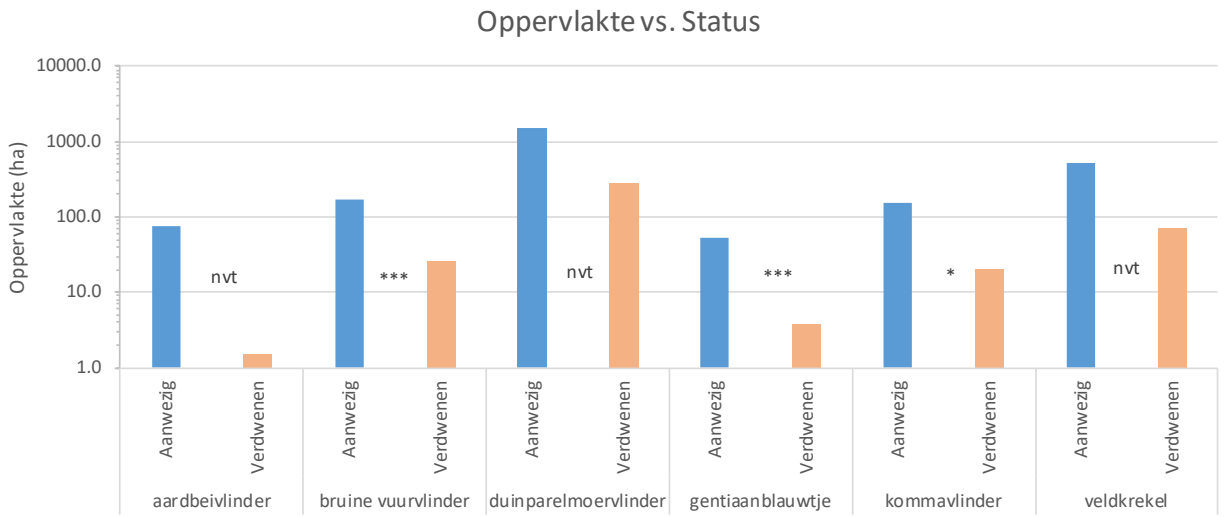
Het historische areaal van vindplaatsen met meerdere soorten is veel groter (Figuur 32) en geeft een indicatie van de oorspronkelijke verspreiding van leefgebieden met heischrale condities. Er zijn vier atlasblokken waar acht van de negen soorten zijn waargenomen: drie van de vier betreffen de Hoge Veluwe (waar alle negen soorten ook ooit voorkwamen), de vierde de omgeving van Breda. Hotspots op de hogere zandgronden zijn/waren Veluwe, Utrechtse Heuvelrug, Drents Plateau, delen van Salland, Twente en Achterhoek, de Brabantse Kempen, de Midden-Limburgse Maasterrassen en Tungelroyse Beek en in Zuid-Limburg het Geuldal en de Brunssummer Heide. Voorts vormden ook de kustduinen een belangrijk deel van het areaal voor deze soorten, met Terschelling als meest soortenrijke schakel en de Kop van Schouwen als zuidelijke uitloper.
Opvallend is dat vrijwel alle Natura 2000-gebieden met Heischraal grasland door de soortenrijkere hokken van de kenmerkende insecten worden afgedekt.

5.4 Trends sinds 1990 in relatie tot oppervlakte

Trends in verspreiding

Sinds 1990 verdween 21% van de populaties van alle soorten, met grote verschillen tussen de soorten. Van hoog naar laag: Gentiaanblauwtje (45%), Bruine vuurvlinder (25%), Kommavlinder (13%), Duinparelmoervlinder (7%), Aardbeivlinder (5%), Veldkrekel (2%) en Grote parelmoervlinder (0%); voor Geelsprietdikkopje is geen schatting gemaakt, omdat er bij oudere waarnemingen van determinatiefouten sprake kan zijn.

De oppervlakte van de terreinen met populaties die na 1990 zijn uitgestorven, is voor alle soorten geringer dan die van terreinen met nog aanwezige populaties (Figuur 33). Voor Bruine vuurvlinder, Gentiaanblauwtje en Kommavlinder kon dit ook worden getoetst en was het verschil significant. Voor deze drie soorten was de mediane oppervlakte van terreinen met verdwenen populaties 4 tot 26 ha en van terreinen met aanwezige populaties 54 tot 166 ha.



Figuur 33 *Vergelijking van de mediane oppervlakte van de terreinen met populaties van sinds 1990 aanwezige en verdwenen soorten. Significantie van de verschillen (Wilcoxon-rangtoets): * p<0,05, *** p<0,001, nvt: niet van toepassing door te klein aantal populaties.*

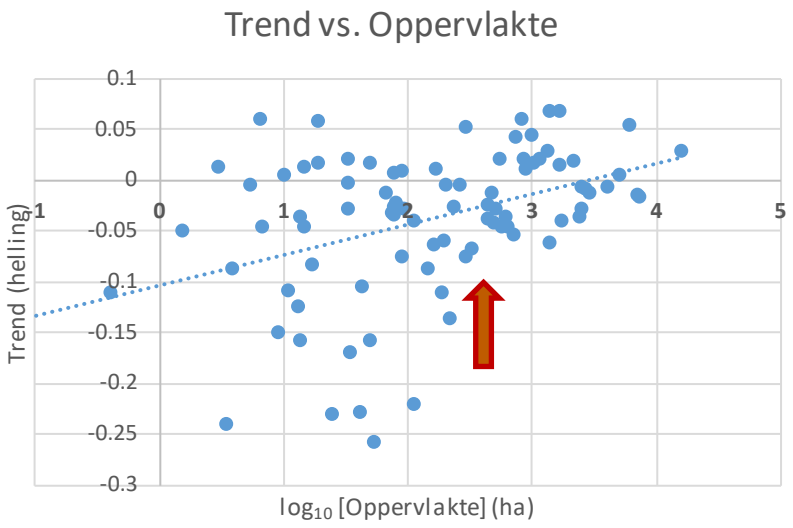
Trends in talrijkheid

De landelijke trends in talrijkheid (populatiegrootte) voor de beschouwde soorten sinds 1992 variëren tussen de soorten: negatief voor Aardbeivlinder (maar alleen in de duinen en juist positief in het binnenland!), Duinparelmoervlinder, Geelsprietdikkopje, Gentiaanblauwtje, Kommavlinder en positief voor Bruine vuurvlinder, Grote parelmoervlinder en (op basis van verspreiding) Veldkrekel.

Voor 6 van de 7 vlindersoorten is de trend over de laatste 10 jaar echter licht positiever dan de trend sinds 1992. Voor Duinparelmoervlinder is de afname zelfs omgeslagen in een toename. Echter alleen de Grote parelmoervlinder en de Bruine vuurvlinder laten aantallen zien die in de buurt komen, respectievelijk, hoger zijn in vergelijking met begin jaren negentig. Voor de overige soorten liggen de aantallen de laatste vijf jaar op 6 tot 34% van begin jaren negentig (Van Swaay *et al.* 2016).

Voor 85 populaties van 6 soorten is op basis van gestandaardiseerde monitoring de relatie tussen de helling van de trend in talrijkheid en de oppervlakte van de betreffende populatie onderzocht. De soorten waren: Aardbeivlinder (n=13 populaties), Bruine vuurvlinder (n=15), Duinparelmoervlinder (n=11), Gentiaanblauwtje (n=30), Grote parelmoervlinder (n=6) en Kommavlinder (n=10). De gegevens zijn voor de soorten gezamenlijk geanalyseerd, met soort als ‘random factor’ om een voldoende grote dataset te verkrijgen (voor afzonderlijke soorten was alleen het verband voor Gentiaanblauwtje significant p=0,02). Voor alle soorten gezamenlijk was er een sterk significant positief verband (p=0,008) tussen de populatietrend en de oppervlakte van de populatie (Figuur 34).

Opvallend is dat er sprake lijkt van een minimale oppervlakte van 400 ha (log_{10}=2,6), waarboven toe- en afname elkaar in evenwicht houden. Dit suggereert dat populaties in gebieden met minder dan 400 ha leefgebied een grotere kans lopen om uit te sterven.



Figuur 34 *Verband tussen de populatietrend van 6 voor heischrale graslanden kenmerkende vlindersoorten en de oppervlakte van het gebied waar de populatie voorkomt (gestippelde lijn geeft trendlijn weer). De pijl geeft de oppervlakte aan waarboven toe- en afname even vaak voorkomen (400 ha).*

5.5 Knelpunten voor de typische fauna

Uit de analyse van negen soorten kenmerkende insecten voor heischrale graslanden blijkt een overwegend sterke achteruitgang, niet alleen ten aanzien van het historische areaal, maar ook voor de ontwikkelingen na 1990. Het Tweekleurig hooibeestje is in 1989 geheel uit Nederland verdwenen. Aardbeivlinder en Bruine vuurvlinder komen ten zuiden van de grote rivieren niet meer voor. Alleen Bruine vuurvlinder en Veldkrekel lijken na een aanzienlijk verlies in areaal weer in aantal dan wel areaal toe te nemen.

Oppervlakte: populatiegrootte en genetische variatie
Uit de trendanalyse in relatie tot oppervlakte komt een duidelijk effect naar voren dat populaties in kleinere leefgebieden een groter risico lopen om te verdwijnen. Persistente populaties hebben een oppervlakte leefgebied in een orde van grootte van 50-150 ha, terwijl de oppervlakte leefgebied van verdwenen populaties in de regel 25 ha of minder bedraagt. Voor de trend in populatiegrootte lijkt het oppervlakte-effect op nog grotere schaal op te treden. Pas bij leefgebieden van 400 ha of groter houden toe- en afname elkaar in evenwicht. Dit suggereert dat zelfs voor kleine diersoorten als insecten leefgebieden op landschapsschaal van groot belang zijn voor een duurzaam voortbestaan van de kenmerkende fauna van heischrale graslanden.

Dergelijke grote oppervlakten hoeven overigens niet geheel uit optimaal leefgebied te bestaan. Leefgebieden van insecten moeten, zoals analyses van Dennis *et al.* (2003) en Vanreusel & Van Dyck (2007) laten zien, worden begrepen als het totaal van plekken waarbinnen een soort zijn hele levenscyclus kan voltooien – en in voldoende aanbod om een hele populatie op lange termijn in stand te houden. Wanneer gebieden voor foerageren, rusten, voortplanting, overwintering en larvale ontwikkeling ruimtelijk gescheiden zijn, dienen ook de tussenliggende gebieden als behorend tot het leefgebied te worden beschouwd, omdat deze essentieel zijn voor de samenhang tussen de functioneel verschillende deelgebieden. De huidige analyse laat zien dat hierbij aanzienlijke oppervlakten mee

gemoeid zijn. Welk deel hiervan uit goed ontwikkeld heischraal grasland dient te bestaan, valt op basis van deze gegevens vooralsnog niet te zeggen.

De gevonden effecten van oppervlakte op status en trend van de vlinderpopulaties moet uiteindelijk worden bezien als de uitkomst van populatie-dynamische processen. Daarbij is niet alleen de populatiegrootte zelf een bepalende factor in het voortbestaan, maar ook de genetische variatie. In geïsoleerde populaties van het Gentiaanblauwtje in België en Nederland is verlies van genetische diversiteit in een recent onderzoek inderdaad waargenomen. Wanneer kleine populaties echter deel uitmaken van een metapopulatie, zoals in de vallei van de Zwarte Beek (B), of in het Dwingelderveld of de Hoge Veluwe, is het verlies van diversiteit minder sterk (VandenBroeck *et al.* 2017). Verlies van genetische diversiteit in kleine, geïsoleerde populaties is ook bij andere dagvlinders aangetoond. Inteelt leidt bij dagvlinders tot bijv. lagere popgewichten, latere ontpoppingstijd, een lager lichaamsvetgehalte, het minder goed uitkomen van eitjes en lagere aantallen eitjes per vrouwtje (bijv. Veldparelmoervlinder *Melitaea cinxia*: Haikola 2003; Afrikaans zandoogje *Bicyclus anynana*: Franke & Fischer 2013). In het Bleek blauwtje (*Polyommatus coridon*) is lage genetische diversiteit positief gecorreleerd met levensverwachting, het aantal verspreiders (een maat voor connectiviteit) en populatiegrootte (Vandewoestijne *et al.* 2008).

Kwaliteit leefgebied

Voor insecten neemt de larvale ontwikkeling doorgaans de langste periode van de hele levenscyclus in beslag. Knelpunten in de kwaliteit van het leefgebied mogen daarom vooral dan worden verwacht. Ten aanzien van de beschouwde kenmerkende insecten voor Heischrale graslanden zijn de knelpunten nog niet onomstotelijk vastgesteld, maar zijn waarschijnlijk de volgende van belang:
Afkoeling van microklimaat
Verlies van waardplanten
Afname van voedselkwaliteit van waardplanten
Droogte of wateroverlast door weerextremen
De eerste drie van deze knelpunten houden verband met de invloed van stikstofdepositie (Wallis de Vries, 2013), terwijl de effecten van weerextremen mede het gevolg zijn van klimaatverandering (Wallis de Vries *et al.* 2011; Wallis de Vries, 2016) en afkoeling van microklimaat een gecombineerd effect van stikstofdepositie en klimaatverandering kan zijn (Wallis de Vries & Van Swaay, 2006).

Afkoeling van microklimaat lijkt voor alle soorten van toepassing te zijn. Met uitzondering van de Grote parelmoervlinder zitten alle soorten in Nederland dichtbij de klimatologische koudegrens van hun areaal. Voor hun larvale ontwikkeling (en voor de Veldkrekel ook de activiteit als adult) zijn ze in het voorjaar afhankelijk van de instraling van zonnewarmte op de bodem en waardplanten. Door vergrassing onder invloed van stikstofdepositie en vervroeging van het groeiseizoen voor planten door klimaatopwarming neemt de beschaduwing toe en daarmee koelt het microklimaat voor deze soorten in het voorjaar af (Wallis de Vries & Van Swaay, 2006). Opvallend is dat de Duinparelmoervlinder, die een hogere warmtebehoefte heeft dan de Grote parelmoervlinder, op de Hoge Veluwe rond 1980 talrijker was dan de Grote parelmoervlinder, maar na 2000 in snel tempo is verdwenen, terwijl de Grote parelmoervlinder zich heeft gehandhaafd. Dit zou goed verklaard kunnen worden door de afkoeling van het microklimaat (Wallis de Vries & Sanders, 2014)

Verlies van waardplanten is van toepassing voor Duinparelmoervlinder, Grote parelmoervlinder en Gentiaanblauwtje; mogelijk ook Aardbeivlinder. De eerste twee zijn in Heischrale graslanden afhankelijk van het Hondsviooltje, dat hier sterk achteruit is gegaan (zie Bijlage 6). De Klokjesgentiaan, waardplant van het Gentiaanblauwtje, is weliswaar door plaggen (al of niet in combinatie met bekalking) op vele plaatsen teruggekomen, maar het Gentiaanblauwtje heeft daar niet of nauwelijks van geprofiteerd (Wallis de Vries, 2004). Dit komt enerzijds doordat plaggen de voor het Gentiaanblauwtje essentiële nesten van knoopmieren (m.n. *Myrmica ruginodis* en *M. scabrinodis*) verwijdert, waarna een herstel van 10-15 jaar nodig is voordat de vegetatie weer geschikt is voor herkolonisatie. Anderzijds blijven de Klokjesgentianen op plagplekken bij gebrek aan voedingsstoffen vaak erg klein en bieden daarmee voor de rupsen van het Gentiaanblauwtje vermoedelijk voedsel van marginale kwaliteit; dit verband dient echter nog door onderzoek te worden vastgesteld. Alleen een zeer kleinschalige uitvoering van plaggen kan voor het Gentiaanblauwtje dan soelaas bieden, maar de uitvoering hiervan is in de praktijk onvoldoende geweest om tot herstel op populatieniveau te leiden

(Wallis de Vries, 2008). Dit wijst erop dat ook bij dagvlinders niet alleen habitatkwaliteit en beheer belangrijk zijn, maar ook populatiegrootte en verbinding tussen populaties – en daarmee samenhangend het voorkomen van verlies van genetische diversiteit en inteelt (VandenBroeck *et al.*, 2017).
Voor de Aardbeivlinder lijkt het aannemelijk dat de in Heischrale graslanden benutte waardplanten, met name Tormentil en Kruipganzerik, in voorkomen achteruit zijn gegaan. Uit het huidige PQ-onderzoek bleek Tormentil echter vaak nog relatief lang aanwezig, terwijl de kwaliteit van het overige terrein wel afnam.
Voor de overige vijf kenmerkende soorten is verlies van waardplanten niet van toepassing, omdat deze afhankelijk zijn van algemene grassen (Geelsprietdikkopje, Kommavlinder, Tweekleurig hooibeestje, Veldkrekel) of van de eveneens algemene Schapenzuring dan wel Veldzuring (Bruine vuurvlinder).

Afname van voedselkwaliteit ten gevolge van de gecombineerde invloed van zwavel- en stikstofdepositie lijkt een cruciaal knelpunt voor insectengemeenschappen in heidegebieden (Vogels *et al.* 2017). Onomstotelijk bewijs hiervoor is nog niet geleverd, maar aanwijzingen zijn er wel (Nijssen *et al.* 2017). In elk geval is er sprake van een overmaat aan stikstof ten opzichte van andere nutriënten. Dit kan leiden tot de aanmaak van stikstofhoudende vraatwerende stoffen dan wel tot tekorten aan mineralen of essentiële aminozuren. Voor Bruine vuurvlinder is er ook experimenteel bewijs dat N-overmaat leidt tot hogere sterfte, vooral in het popstadium (Fischer & Fiedler, 2000). Ook voor Veldkrekel is P-limitatie ten gevolge van N-overmaat en bodemverzuring in heidegebieden aannemelijk gemaakt (Vogels *et al.* 2009). Voor de andere soorten is er over afname in voedselkwaliteit niets bekend, maar ter ondersteuning van het veronderstelde verband kan worden aangevoerd dat het enige gebied waar alle soorten ooit voorkwamen en waar zeven ervan zich nog steeds handhaven, de Hoge Veluwe (alleen Tweekleurig hooibeestje en Duinparelmoervlinder zijn er verdwenen), een lokaal gebufferde bodem kent door het historische gebruik als vliegbasis gedurende de Tweede Wereldoorlog (Wallis de Vries & Sanders, 2014).

De invloed van – met klimaatopwarming naar verwachting vaker optredende – weerextremen is vooral voor het Gentiaanblauwtje een belangrijke factor, omdat deze soort in de vochtiger varianten van Heischrale graslanden voorkomt, waar inundatie na hevige regenval (al of niet in combinatie met vernatting) in de zomer kan voorkomen. Dit kan de overleving van rupsen verkleinen door een slechte groei van gentianen, een verkleinde kans op succesvolle adoptie door waardmieren en sterfte onder de waardmieren zelf (Wallis de Vries, 2004; 2016). Voor de overige soorten is inundatie een minder groot risico.
Droogte kan echter alle soorten van heidegebieden treffen, zoals is gebleken in de zomer van 2003 (Wallis de Vries *et al.* 2011; Wallis de Vries, 2016). Niet alleen de uitdroging van waardplanten voor de rupsen lijkt dan een groot knelpunt, maar ook het verminderde nectaraanbod voor de vlinders.

5.6 Kansen voor de typische fauna

De analyse van knelpunten voor de typische fauna levert in aanvulling op die voor flora en vegetatie een vijftal inzichten op die in de praktijk in kansen wordt vertaald:
Herstel vergt voor de fauna toepassing op landschapsschaal.
Ook bij de fauna is het van belang om genetische effecten op de levensvatbaarheid te betrekken bij een duurzaam behoud van kenmerkende soorten.
Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden biedt kansen voor uitbreiding van leefgebied.
Abiotisch herstel van de gevolgen van stikstofdepositie en zure depositie uit het verleden verdienen hoge prioriteit.
Herstel van gradiënten is niet alleen belangrijk vanuit een oogpunt van meerwaarde van ruimtelijke heterogeniteit, maar ook voor het opvangen van klimaatextremen.

Herstel op landschapsschaal
De voor de vlindersoorten gevonden verband tussen oppervlakte en persistentie van populaties dan wel trend in populatiegrootte geven aan dat soorten op een termijn van 25 jaar het risico lopen om te verdwijnen uit leefgebieden kleiner dan 50-150 ha. Verhoogde kans op sterke afname van de

populatiegrootte treedt al op in leefgebieden van minder dan 400 ha. Dit onderstreept dat levensvatbare populaties voor de kenmerkende insecten van Heischrale graslanden bescherming op landschapsschaal vereist, alsmede meer aandacht voor dezelfde genetische problemen als die bij de plantensoorten optreden. Voor planten is een aanpak op landschapsschaal vermoedelijk evenzeer noodzakelijk, maar door een langere levensduur en hogere dichtheid is het oppervlakte-effect voor planten minder evident. Voor planten zijn genetische effecten van afgenomen populatiegrootte en toegenomen isolatie echter reeds in meer detail aangetoond (Oostermeijer *et al.* 1998; Luijten & Oostermeijer 2007, Oostermeijer *et al.* 2014, Luijten *et al.* 2015). Dit onderzoek maakt duidelijk dat voor een duurzaam herstel meer en grotere populaties nodig zijn die middels corridors met elkaar verbonden zijn. Alleen dan kan de regelmatige genenuitwisseling optreden die nadelig verlies van diversiteit en inteelt tegengaat.

Aandacht voor de genetische diversiteit

Aan de rol van genetische diversiteit in de levensvatbaarheid van kleine fauna is in Nederland nog altijd (te) weinig onderzoek verricht. In het kader van het actieplan verdient het aanbeveling om ook te onderzoeken in hoeverre verlies van genetische diversiteit en inteeltdepressie de levensvatbaarheid van vlinders van heischraal grasland hebben aangetast. Wanneer dat nl. het geval blijkt, moet ook voor de kleine fauna genetisch herstelbeheer serieus overwogen worden, omdat de soorten anders niet (voldoende) van habitatherstel kunnen profiteren.

Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden

Zeker wanneer er voldoende aandacht is voor het verwijderen van overmatige hoeveelheden voedingsstoffen, bijvoorbeeld door ontgronding, kan natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden ook voor de fauna van heischrale graslanden goede kansen bieden (Wallis de Vries & Ens, 2010). Dit is vooral voor de Bruine vuurvlinder al gebleken, maar op de Sallandse Heuvelrug heeft ook de Aardbeivlinder ervan geprofiteerd (Wallis de Vries *et al.* 2016). Het grote voordeel lijkt te zijn dat de buffercapaciteit van voormalige landbouwgronden beter op peil is dan in heidegebieden. Bij ontgronding bestaat echter wel het risico dat het maaiveld dusdanig daalt dat de omstandigheden voor soorten van droge habitats ongeschikt wordt.

Herstel van nutriëntenbalans

Het verlies aan botanische soortenrijkdom door stikstofdepositie en verzuring heeft ook voor de kenmerkende insecten negatieve gevolgen. Daarnaast speelt de afname in voedselkwaliteit waarschijnlijk een rol. Herstel van buffercapaciteit door toevoeging van bufferende stoffen is daarvoor een optie. Bekalking met Dolokal heeft zich daarin al bewezen, maar toepassing van steenmeel is nog in onderzoek. De positieve effecten van de nalevering van achtergebleven puin uit de Tweede Wereldoorlog op de Hoge Veluwe suggereert dat steenmeel een belangrijke meerwaarde kan hebben voor de lange termijn. Echter, zonder een daaraan gepaarde daling van de stikstofemissies, zal het positieve effect daarvan een tijdelijk karakter blijven behouden.

Spreiding van leefgebied over hoogtegradiënt

Het optreden van weerextremen kan weliswaar niet door beheer en inrichting worden tegengegaan, maar de negatieve invloeden ervan kunnen wel tot op zekere hoogte worden opgevangen. Dit is in principe mogelijk door, gebruikmakend van het reliëf, herstelmaatregelen zodanig uit te voeren dat de habitatcondities over een groter deel van de hoogte- en vochtgradiënt worden verbeterd. Extreme droogte of inundatie kan dan beter worden overleefd op respectievelijk de lagere en hogere delen van de gradiënt. Dit impliceert wel dat (herstel)beheer meer op het versterken van gradiënten dan op het optimaliseren van onderdelen daarvan gericht moet worden. Dat vergt mogelijk ook een bredere opvatting van het concept van habitattypen dan in de praktijk gangbaar is. In elk geval zou het zinvol zijn om drogere en vochtiger varianten van Heischrale graslanden in hun onderlinge samenhang te beschouwen, liefst inclusief de eventueel aangrenzende droge en natte heide.

5.7 Aanbevelingen voor de fauna

Voor het verwezenlijken van de in 5.6 gesignaleerde kansen kunnen verschillende aanbevelingen worden gedaan.

Hotspots
In paragraaf 5.3 is voor de kenmerkende fauna op basis van zowel actueel als historisch voorkomen een overzicht gegeven van belangrijke 'hotspot'-gebieden. De hotspots geven een indicatie van actuele waarden, maar ook van potenties. De historische hotspots weerspiegelen daarnaast in veel gevallen ook de voortgeschreden versnippering van leefgebieden. In combinatie met vergelijkbare informatie voor flora en vegetatie, kunnen de hotspots dienen als speerpunten voor bescherming en herstel. Voor elke provincie van de hogere zandgronden kunnen dergelijke hotspots worden aangewezen. Ook in de duinen kunnen belangrijke hotspots voor soorten van Heischrale graslanden worden aangewezen.

Pilots
Op basis van de hotspots kunnen in elke voor Heischrale graslanden relevante provincie gebieden worden geselecteerd waarin pilots voor de uitvoering van habitatherstel kunnen worden opgezet. Voor de fauna kan herintroductie noodzakelijk zijn als sluitstuk op de uitvoering van herstel van abiotiek en vegetatie. Dit vergt echter een gedegen, projectmatige opzet om mislukkingen te voorkomen.
Een belangrijke toets voor het vaststellen van de potentiële geschiktheid van een gebied ligt in het experimenteel onderzoeken van de groei en overleving van de kenmerkende soorten in afhankelijkheid van de kwaliteit van de voedselplanten in relatie tot stikstofbelasting en verzuring. In eerste instantie zouden daarvoor vergelijkende chemische analyses van bodem en voedselplanten in actuele en potentiële leefgebieden moeten plaatsvinden. Vervolgens kunnen op basis van die informatie kweekproeven worden uitgevoerd.
Voor weinig mobiele soorten met sterk versnipperde populaties, zoals voor Aardbeivlinder, Kommavlinder en Gentiaanblauwtje, is onderzoek naar de genetische diversiteit van de resterende populaties noodzakelijk als basis voor een genetic rescue-programma. Daarvoor hoeft niet direct een kweekprogramma te worden opgezet, maar ook dat is het overwegen waard wanneer de resterende populaties te klein zijn (en dat is vaak het geval) om op een verantwoorde manier individuen uit de weg te kunnen halen voor succesvolle translocatie.

Monitoring van proeven met steenmeel
Op de Hoge Veluwe zijn in 2016 proeven met toepassing van steenmeel voor het eerst op praktijkschaal toegepast. Een belangrijk deel van de kenmerkende insectensoorten komt hier ook voor. Het verdient aanbeveling om deze soorten nadrukkelijk in de monitoring mee te nemen, inclusief het succes ten aanzien van ei-afzet en larvale ontwikkeling. De huidige monitoring dient daarop te worden uitgebreid.

6 Synthese en aanbevelingen

6.1 Inleiding

Heischraal grasland is een van oorsprong soortenrijk ecosysteem op de Hogere zandgronden, in de Duinen en in het Zuid-Limburgse heuvelland. Het komt voor op plekken die enige buffering hebben door bijvoorbeeld de aanwezigheid van (kei)leem of door aanvoer van bufferende stoffen langs bijv. schapendriften of via grondwater. Heischrale graslanden behoren tot twee Europees beschermde habitattypen: het prioritaire habitattype Heischrale graslanden (H6230), dat voorkomt in alle drie de genoemde regio's, en het heischrale subtype van Grijze duinen (H2130C), dat alleen voorkomt in de Duinen. Kenmerkende planten en dieren staan al decennia onder druk van verzuring en vermesting (Van Dam *et al.* 1986; Bobbink *et al.* 1998). Helaas is de al eerder ingezette achteruitgang nog niet gestopt in het huidige millennium. Dit geldt in het bijzonder voor deze graslanden. Veel kenmerkende plantensoorten uit het heischrale milieu komen steeds minder vaak voor en hun populaties worden ook nog eens steeds kleiner (par. 3.5 en 3.6). Hierbij is duidelijk gebleken dat er nu niet meer alleen sprake is van enkele, ernstig bedreigde soorten, maar dat voorheen algemene plantensoorten uit het heischrale milieu ook steeds zeldzamer zijn geworden. We moeten ons daarbij terdege realiseren dat ook de nu ernstig bedreigde soorten zoals Rozenkransje en Valkruid ooit veel algemener waren. Zo kwam bijv. het Rozenkransje voor 1950 in maar liefst 336 uurhokken voor, tussen 1950-1980 in 73 uurhokken en na 2000 nog maar in 10, waarvan slechts 2 in het binnenland! Tevens is de trend voor kenmerkende diersoorten van het habitattype (8 vlindersoorten, 1 krekel) ook nog steeds overwegend negatief (par. 5.2).

Deze afname van de biodiversiteit van flora en fauna is het grootst in droge heischrale graslanden, en duidelijk minder in natte heischrale graslanden. Dit verschijnsel is in hoge mate gerelateerd aan het steeds minder voorkomen van locaties met voldoende bodembuffering en lage N-beschikbaarheid (par. 3.4.1 & 3.4.2). Door verslechtering van de kwaliteit gaan heischrale graslanden op veel plekken over in niet-kwalificerende rompgemeenschappen. In dit onderzoek is geconstateerd dat nog maar een klein deel van het type H6230 op de Natura 2000-kaarten tot heischraal grasland kan worden gerekend. Slechte tot matige vegetatiekwaliteit van droge heischrale graslanden is in hoge mate gekoppeld aan verder voortgeschreden bodemverzuring, met (sterk) verlaagde beschikbaarheid van basische kationen en verhoogde concentraties van aluminium. Kortom, veel van de huidige, droge heischrale graslanden in natuurterreinen zitten in de laatste fase van buffering door kationenuitwisseling met het bodemcomplex, en worden steeds meer beïnvloed door de daarbij horende verhoging van vrij aluminium. Recent onderzoek heeft aangetoond dat niet alleen de basenverzadiging van het bodemcomplex in droge zandgronden is verminderd, maar dat ook de onderliggende voorraad verweerbare silicaatmineralen met basische kationen significant is aangetast (Bergsma *et al.* 2016; Vogels *et al.* 2016). Dit betekent dat de bodem zich bij de huidige zuurlast onder droge omstandigheden niet kan herstellen via oplading van het bodemadsorptiecomplex door verwering van deze mineralen met Ca, Mg en K, maar juist achteruit blijft gaan. Dit proces blijkt in hoge mate gerelateerd te zijn aan de nog te weinig verminderde N-depositie in veel gebieden met heischraal grasland (Bobbink *et al.*, in druk). Heischrale graslanden zijn zeer gevoelig voor de negatieve effecten van N-depositie, en dus lage kritische depositiewaarde (KDW van de subtypen tussen de 10-12 kg H/ha/jaar). Het is dan ook niet vreemd dat dit habitattype door de decennialange overschrijding van de KDW nog steeds onder druk staat (Dorland *et al.* 2013), aangezien er vrijwel overal in Nederland nog steeds een flinke overschrijding is van de KDW voor het habitattype en de depositie in de laatste jaren in de meeste zandregio's zeker niet is afgenomen (Lolkema *et al.* 2015)!

6.2 Herstel habitatkwaliteit

De kwaliteit van veel droge heischrale graslanden staat onder ernstige druk: kwalitatief goed ontwikkeld heischraal grasland komt maar op weinig plekken voor, terwijl matig of slecht ontwikkelde heischrale graslanden juist frequent zijn aangetroffen (par. 3.4). Voortgeschreden bodemverzuring is daarbij het grote probleem in de abiotiek en voor het behoud van de nog resterende droge heischrale graslanden – met hun restpopulaties – is het zeer urgent dat de habitatkwaliteit van deze restanten toeneemt. Herstel via kleinschalig plaggen met daarna bekalken (met kalk of Dolokal) – liefst rond restpopulaties – is effectief gebleken voor het herstel van droge, verzuurde heischrale graslanden en voorheen soortenrijke, droge heide (o.a. De Graaf *et al.* 2004). Ook het huidige onderzoek in droge heischrale graslanden op voormalige EGM-locaties met wel of niet bekalken, laat zien dat na ca. 25 jaar de positieve effecten op bodembuffering en voorkomen van kenmerkende soorten zoals Valkruid nog zeker niet zijn verdwenen (par. 3.5 & 3.6)! Verder is ook geconstateerd dat deze combinatie van maatregelen in de periode na EGM helaas nauwelijks is toegepast. Ook de combinatie van ondiep plaggen met bekalking (Dolokal) met experimentele herintroductie van Valkruid in 1997 (Dorland *et al.* 2000) heeft geleid tot een duurzame opbouw van een populatie van deze soort op een voormalige groeiplaats in de Borkeld (par. 3.6.2). Indien de bodem nog in voldoende mate gebufferd was bij de uitvoering van de herstelmaatregelen (EGM), dan bleek plaggen rond restpopulaties ook na 25 jaar zichtbaar effectief (par. 3.6.3). Echter, deze uitgangssituatie zonder bodemverzuring en alleen maar N-eutrofiëring is nu niet meer aangetroffen in gedegradeerde, droge heischrale graslanden (par. 3.4). Kortom, gelet op de urgentie van de problematiek is haast geboden en wordt aanbevolen om deze herstelmaatregel (bekalking met Dolokal, ca. 2 ton/ha) op korte termijn toe te passen in bestaand droog heischraal grasland van matige kwaliteit (par. 3.4.2), zodat de nog aanwezige restpopulaties in elk geval voor de nabije toekomst behouden kunnen blijven, en eventueel zelfs te vergroten zijn. Mogelijk kan ook gewerkt worden met een fijn gemalen, reactief steenmeel (niet alle steenmeelsoorten zijn even reactief), maar deze maatregel is pas sinds najaar 2016 in onderzoek.

De juist genoemde antiverzuringsmaatregel herstelt weliswaar langdurig de bezetting van calcium en magnesium aan het bodemcomplex en verlaagt de beschikbaarheid van aluminium, maar het is ook bijna altijd uitgevoerd na (ondiep) plaggen om de kieming en vestiging van plantensoorten mogelijk te maken. Plaggen heeft echter ook nadelen, met name voor de fauna in droge heide (Vogels *et al.* 2011). Toepassing van Dolokal zonder plaggen is tot nu toe weinig toegepast in gedegradeerd heischraal grasland, al laten de resultaten van deze maatregel in de Schaopedobbe zien dat de bodemchemie na 25 jaar goed hersteld is door deze maatregel (par. 3.6.1). Ook uit recent onderzoek met toediening van Dolokal in niet geplagde situaties in zowel droge als natte heide is gebleken dat bij de gebruikte dosis (< 3-4 ton Dolokal /ha) geen verruiging van bodem door verhoogde mineralisatie optreedt (Wallis de Vries *et al.* 2014; Weijters *et al.* 2017). Concluderend kan gesteld worden dat het waarschijnlijk is dat kleinschalige toepassing van Dolokal rond restpopulaties in droge heischrale graslanden (matige kwaliteit) toegepast kan worden zonder negatieve effecten, maar met positieve gevolgen voor de bodemkwaliteit.

Aanvulling met gemalen silicaatmineralen (steenmeel) kan er – in principe – voor zorgen dat het verlies van verweerbare mineralen met basische kationen door recente antropogene verzuring gecompenseerd wordt en bij voldoende hoge dosering er zelfs voor kan zorgen dat er weer langdurig verbetering optreedt. Op deze wijze wordt namelijk de “mineralenmotor” van de bodem, d.w.z. de verwering van silicaatmineralen waardoor weer kationen aan het bodemcomplex gebonden kunnen worden, hersteld (Bergsma *et al.* 2016; Bobbink *et al.*, in druk). Het finale doel hierbij is om in droge heischrale graslanden de basenverzadiging weer op het vereiste niveau (35-70%) te brengen. Deze maatregel is echter op dit moment niet praktijkrijp, er lopen sinds de tweede helft van 2016 twee experimenten met experimentele toediening van steenmeel in verzuurd, droog heischraal grasland: één experiment in relatief kleine proefvlakken in Noord-Brabant om te achterhalen welk steenmeel of welke dosering het best werkt (4 behandelingen, 5 replica’s), en één in 1-ha grote proefvlakken (wel of niet steenmeel, n=3) in verzuurd heischraal grasland in het Nationale Park de Hoge Veluwe. Beide onderzoeken worden gefinancierd door de betreffende provincies waarin het terrein is gelegen. Toedienen van steenmeel is op dit moment nog geen landelijk erkende herstelmaatregel, maar is in theorie kansrijk. Wij adviseren om deze maatregel als hypothetische maatregel toe te voegen aan de herstelstrategieën in het kader van de PAS (par. 6.5), en verder om op korte termijn deze maatregel

in pilots te gaan toe te passen in de, helaas vele, situaties met slecht ontwikkelde, heischrale vegetatie (zie hoofdstuk 7). Omdat de meeste soorten steenmeel minder reactief zijn dan Dolokal en het toedienen van steenmeel daardoor pas op wat langere termijn zal werken, wordt voor bestaande populaties van heischrale soorten die zwaar onder druk staan en herstel zeer urgent is, geadviseerd om in elk geval ook Dolokal toe te dienen. Een overzicht van de opties tot herstel van bestaande heischrale graslanden wordt gegeven in Tabel 9.

Tabel 9 *Overzicht van maatregelen voor herstel van bestaand, droog heischraal grasland.*

Status (par. 3.4.2)	Zeldzame soorten	Maatregel	Uitdaging
Goed ontwikkelde vegetatie	Vitale populaties aanwezig	Niets doen	In toekomst (indien relevant): herintroductie van verdwenen zeldzame soorten
Goed ontwikkelde vegetatie	Niet-vitale populaties	Populatieversterking aanwezige soorten	In toekomst: herintroductie van verdwenen zeldzame soorten
Matig ontwikkelde vegetatie	n.v.t	Snelle toediening Dolokal (+/- plaggen)	Als herstel bodem gelukt is: herintroductie van verdwenen soorten; ontwikkeling herstel via reactief steenmeel
Slecht ontwikkelde vegetatie	n.v.t.	Toediening steenmeel (relatief hoge dosis, zonder plaggen)	Als herstel bodem gelukt is: aanbrengen matrixsoorten met vers maaisel & herintroductie kenmerkende soorten

Overigens: droog heischraal grasland is een halfnatuurlijk vegetatie en behoeft daarmee ook altijd goed regulier beheer, ook na geslaagd herstelbeheer. Met name jaarlijks 1x maaien met afvoer van het maaisel (tweede helft zomer; liefst met rotatie) of goed uitgevoerde begrazingsbeheer na de bloeiperiode is nodig om de vegetatie in goede ontwikkeling te houden. Te weinig beheer leidt geleidelijk tot dominantie van dwergstruiken en daarmee tot een flink verminderde overlevingskans van laag-groeiende, heischrale soorten (par. 3.6.1 & 3.6.6).

6.3 Vergroting van het areaal

Naast kwaliteitsverbetering van bestaande droge heischrale graslanden heeft Nederland zich ook ten doel gesteld om de oppervlakte heischrale graslanden aanzienlijk te vergroten, zodat de kans op uitsterving van lokale populaties door toevalsprocessen kleiner wordt. Deze uitbreiding kan gerealiseerd worden op voormalige landbouwgronden in het droog zandlandschap die tot natuur omgevormd worden, of in de laatste decennia zijn omgevormd. Dit heeft als voordeel dat deze zandgronden door jarenlange agrarische bekalking bijna altijd goed gebufferd zijn, in tegenstelling tot de bodems in het heidelandschap zelf. Voorwaarde voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op landbouwgronden is wel dat er bij de herinrichting voldoende nutriënten (P!) zijn afgevoerd, bijvoorbeeld door ontgronding of uitmijnen (van Mullekom *et al.* 2013; Aggenbach *et al.* in druk). De afwezigheid van soorten van heischrale graslanden, zowel in de zaadvoorraad als in de directe omgeving van de her in te richten voormalige landbouwgronden, is meestal een probleem voor de ontwikkeling van de doelvegetatie. Een oplossing hiervoor kan zijn om vers maaisel uit goed ontwikkeld heischraal grasland en/of zaden van vitale populaties aan te brengen. Naast het gebrek van plantendiasporen kan ook de andere samenstelling van de bodembiotagemeenschap een knelpunt vormen, wat onder andere negatieve gevolgen kan hebben voor de afbraak van organisch materiaal in de bodem. Het enten met bodemmateriaal uit goed ontwikkelde droge heischrale graslanden zou hier mogelijk een gunstige herstelmaatregel kunnen vormen (Loeb *et al.* 2013). Voor de studie naar de effectiviteit van dit alles, wordt verwezen naar het rapport van het OBN-onderzoek naar herstel van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond dat in de zomer van 2017 verschijnt (Loeb *et al.* in druk). De uitkomsten van dit onderzoek kunnen zo worden samengevat:

- Bij de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond is gebleken dat toediening van vers maaisel van een goed ontwikkeld droog heischraal grasland de ontwikkeling naar heischraal grasland duidelijk versnelt. Door deze toediening wordt voorkómen dat de vegetatie zich sluit voordat hogere planten die karakteristiek zijn voor heischrale graslanden zich als

matrixsoort hebben kunnen vestigen. Zonder vers maaisel ontwikkelen zich slechts rompgemeenschappen in plaats van de gewenste associatie.
- Indien in de directe omgeving (0-50 m) van het herinrichtingsgebied gewenste zeldzame plantensoorten ontbreken, of laagfrequent aanwezig zijn in het donorgebied, is het noodzakelijk om plantensoorten middels zaden van vitale populaties te verspreiden naar het nieuw ingerichte terrein. Doe je dit niet, dan vestigt er zich geen kenmerkende, zeldzame soort uit het heischrale milieu.
- Voor de zeer zeldzaam geworden plantensoorten verdient populatieversterking dan wel herintroductie uit een speciaal daarvoor opgezet kweekprogramma de voorkeur. Alleen daarmee kan de nog resterende genetische diversiteit behouden blijven én optimaal worden ingezet voor vergroten van de levensvatbaarheid van bestaande en geherintroduceerde populaties. Bovendien is het oogsten van grotere aantallen kiemkrachtige zaden uit de kleine restpopulaties al zeer moeilijk geworden en onoordeelkundig verzamelen van zaden vormt een extra bedreiging voor hun levensvatbaarheid.
- Het toedienen van bodemkruimels om het verstoorde bodemleven in de voormalige agrarische grond sneller te herstellen, is in de onderzoeksperiode van 5 jaar nauwelijks effectief gebleken.
- Lokaal openen van de vegetatie in stagnerende situaties met alleen rompvegetaties, 10-20 jaar na herinrichting, met toevoer van vers maaisel en zaden uit vitale populaties of een kweekprogramma is een maatregel om de slechte ontwikkeling (wat) te verbeteren. Wel dient voor herinrichting de nutriëntenbeschikbaarheid in voldoende mate te zijn gereduceerd.

Een aanvullende, tweede mogelijkheid om het oppervlak van heischraal grasland te vergroten, is via het weer in gebruik nemen van oude heide-akkers, vaak nog aanwezig in de Nederlandse heidegebieden. Uit OBN-onderzoek is gebleken dat het inrichten van een extensieve akker relatief eenvoudig is, mits de locatie in het verleden al een akkerhistorie heeft gehad. Belangrijke bodemparameters zijn hierbij de concentratie voor de plant-beschikbaar fosfaat, buffercapaciteit en organische stofgehalte. Een eenmalige mestgift van 10-20 ton vaste stalmest per ha is voldoende om twee jaar achtereen een gewas (Boekweit, Evene) op te telen. Voormalige heideakkers die langdurig in verschralingsbeheer opgenomen zijn, hebben zich op meerdere plaatsen in 10-20 jaar kunnen ontwikkelen tot droog heischraal grasland, mits de voor de plant beschikbare fosfaatconcentratie laag was en er voldoende buffering was aan gebracht via bekalking en/of vaste stalmest (Vogels *et al.* 2013).

6.4 Levensvatbaarheid bedreigde plantensoorten

Herstel van de levensvatbaarheid van bedreigde soorten is mogelijk door middel van ‘genetic rescue’. Momenteel wordt vaak maaisel van donorgebied opgebracht bij herstel op voormalige landbouwgrond, maar dit is nog te weinig effectief voor bedreigde plantensoorten. Specifiekere acties, inclusief ex-situvergroting van de vaak te geringe, maar wel gebiedseigen genetische diversiteit, zijn noodzakelijk voor het bereiken van de gewenste doelen voor de (ernstig) bedreigde planten uit het droge heischrale milieu. Om erachter te komen hoe populaties van de minder sterk bedreigde soorten eraan toe zijn wat betreft knelpunten in de levensvatbaarheid, wordt aanbevolen om de in dit rapport besproken componenten – aantal populaties, populatiegroottes en -opbouw, habitatkwaliteit en voortplantingssucces – op korte termijn te inventariseren voor deze soortgroep. Genetische risico’s kunnen worden ingeschat aan de hand van onderzoek naar de levensstrategie van de soort en het voortplantingssysteem (par. 4.2.4), waarna in specifieke gevallen besloten kan worden dat aanvullend onderzoek met moleculaire merkers noodzakelijk is. Aan de hand van genoemde inventarisatie kunnen specifieke soortgerichte actiepunten, zoals herintroductie van zaden van planten met hoge genetische variatie, worden geformuleerd om de levensvatbaarheid van populaties van deze plantensoorten te optimaliseren. Deze kennis kan er dan toe leiden dat populaties op locaties met adequate bodemchemie (na herstel) weer uitgebreid kunnen worden en/of door (her)introductie in situatie met niet verzuurde bodems, waar geen populaties aanwezig zijn, zoals op voormalige landbouwgrond of op plekken waar in bestaande, gedegradeerde heischrale graslanden, de bodem weer op orde is gebracht. Dit vereist mogelijk aanvullende kwantificering van de huidige bodembuffering van betreffende populaties, indien dit nog niet recent is gebeurd (hoofdstuk 7).

Vanuit het in dit rapport beschreven kweekprogramma (par. 4.3.3) kunnen de hier besproken urgentst bedreigde plantensoorten samen met de algemenere soorten vervolgens worden geherintroduceerd (voor zover nodig) in terreinen waarin de habitatkwaliteit duurzaam is hersteld. Experimenten met dergelijke herintroducties vanuit gekweekt en genetisch verrijkt materiaal lopen inmiddels met Rozenkransje en Kleine schorseneer in Drenthe. Deze experimenten vormen meteen een goede leerschool voor de toekomstige aanpak in andere terreinen en provincies, en kunnen na adequaat herstel van de bodem ook direct worden gecombineerd in de verschillende locaties met de experimentele steenmeeltoediening.

Daarnaast is uitwisseling van biota tussen de resterende heischrale graslanden van groot belang, zodat er ook specifiek aandacht besteed moet worden aan verbindingen in de vorm van lijnvormige landschapselementen met natuurlijke, bloemrijke vegetatie met beschutting (zoals houtwallen). De uitwisseling bevordert niet alleen dispersie van zaden en dus kolonisatie van nog “lege” leefgebieden, maar gaat middels verspreiding van zaden en stuifmeel op bestuivers óók genetische verarming en inteelt en de daaruit voortvloeiende problemen tegen.

6.5 Herstel kenmerkende faunasoorten

De analyse van knelpunten voor de typische fauna levert in aanvulling op die voor vegetatie en kenmerkende, bedreigde plantensoorten een vijftal inzichten op die in de praktijk in kansen kan worden vertaald: a) voor de fauna vergt herstel toepassing op landschapsschaal, b) er is aandacht nodig voor de genetische problemen die veroorzaakt worden door kleine populatiegrootte en isolatie, c) abiotisch herstel van de gevolgen van verzurende stikstofdepositie uit het verleden verdient hoge prioriteit, d) herstel van gradiënten is niet alleen belangrijk vanuit een oogpunt van meerwaarde van ruimtelijke heterogeniteit, maar ook voor het opvangen van klimaatextremen, en e) natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden biedt kansen voor uitbreiding van leefgebied van diersoorten uit het heischrale milieu (par. 5.5 & 5.6).

Voor het verwezenlijken van deze kansen kunnen verschillende aanbevelingen worden gedaan. In par. 5.3 is voor de kenmerkende fauna op basis van zowel actueel als historisch voorkomen een overzicht gegeven van belangrijke ‘hotspot’-gebieden voor heischrale milieus. Deze hotspots geven een indicatie van actuele waarden, maar ook van potenties. De historische hotspots weerspiegelen daarnaast in veel gevallen ook de voortgeschreden versnippering van leefgebieden. In combinatie met vergelijkbare informatie voor flora en vegetatie, kunnen deze locaties dienen als speerpunten voor herstel. Voor elke regio van de hogere zandgronden kunnen dergelijke hotspots worden aangewezen. Ook in de duinen kunnen belangrijke hotspots voor soorten van heischrale graslanden worden aangewezen.
Op basis van de hotspots kunnen in elke voor heischrale graslanden relevante regio gebieden worden geselecteerd waarin pilots voor de uitvoering van habitatherstel kunnen worden opgezet (zie 7.2).
Voor de fauna kan herintroductie noodzakelijk zijn als sluitstuk op de uitvoering van grootschalig herstel van abiotiek en vegetatie. Dit vergt echter een gedegen, projectmatige opzet om mislukkingen te voorkomen. Ook bij de fauna geldt dat de resterende vitale populaties niet zomaar gebruikt kunnen worden als bronnen voor versterkingen of herintroducties elders. Juist bij soorten met een korte levenscyclus kan wegvangen van te grote aantallen uit het veld populaties direct in gevaar brengen. In bekende herintroducties heeft wegvangen uit bestaande populaties vaak geleid tot het gebruik van te kleine aantallen individuen, hetgeen de kansen op succes sterk heeft verkleind. Belangrijk motto is dat (unieke) genetische diversiteit heel makkelijk verdwijnt, maar niet zo eenvoudig teruggewonnen kan worden.
Een belangrijke toets voor het vaststellen van de potentiële geschiktheid van een gebied ligt in het experimenteel onderzoeken van de groei en overleving van de kenmerkende soorten in afhankelijkheid van de kwaliteit van de voedselplanten in relatie tot stikstofbelasting en verzuring. In eerste instantie zouden daarvoor vergelijkende chemische analyses van bodem en voedselplanten in actuele en potentiële leefgebieden moeten plaatsvinden. Vervolgens kunnen op basis van die informatie kweekproeven worden uitgevoerd.

6.6 Evaluatie herstelstrategieën

Op basis van de resultaten uit dit project zijn de bestaande herstelstrategieën H6230 (Smits *et al.* 2014) geëvalueerd. Deze evaluatieopmerkingen staan per maatregel in de laatste kolom van Tabel 10. Uitgangspunt bij de evaluatie is dat gedegradeerde situaties moeten herstellen door de maatregel. De maatregelen uit de Tabel moeten altijd in combinatie met de bijbehorende tekst van de herstelstrategie toegepast worden. Zo staan in de Tabel de maatregelen maaien en begrazen genoemd, welke tevens het reguliere beheer vormen. Alleen intensiever maaien en begrazen is bedoeld als herstelmaatregel.

Tabel 9 *Huidige herstelstrategieën H6230 geëvalueerd in laatste kolom (groen). Voorstel voor nieuwe hypothetische maatregel in onderste regel.*

Maatregel	type	Doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	Vooronderzoek	Herhaalbaarheid	Responstijd	mate van bewijs	Opmerking n.a.v. project 'Actieplan'
Maaien	H/U	Afvoer nutriënten	Matig	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Vertraagd	H	Let op kwetsbare fauna! Herstelt verzuurde bodem niet.
Begrazen	H/U	Afvoer nutriënten	Matig	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Lang	H	Let op kwetsbare fauna! Afvoer werkt alleen als dieren elke nacht uit het veld worden gehaald. Werkt niet tegen verzuring
Plaggen	H/U	Afvoer nutriënten	Groot	Voorstudie, behouden bronpopulaties	Op standplaats	Beperkte duur	Direct (abiotisch) en vertraagd (biotisch)	B	In droge situatie alleen in combinatie met bekalking (dolokal)
Branden	H/U	Afvoeren nutriënten, structuur-verbetering	Groot	Voorstudie, behouden bronpopulaties	Op standplaats	Beperkte duur	Direct (abiotisch) en vertraagd (biotisch)	H	Branden werkt als instandhoudingsbeheer, maar niet als herstelmaatregel in al gedegradeerde situaties
Hydrologische maatregelen	H/U	Herstel hydrologie	Groot	Schoon grondw. niet te nat, gebufferd grondwater	LESA	Eenmalig	Even geduld	B	Veelal uitgevoerd in combinatie met plaggen
Aanbrengen leem	H/U	Herstel buffering	Groot	Mits ook hydr. Herstel (in vochtige typen)	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	B	Nog niet bewezen, alleen in natte situaties getest. Meestal is geen geschikte leem voorradig
Directe bekalking	H/U	Herstel buffering	Groot	Op maat	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	B	Staat beperkte duur, maar is nog aantoonbaar effectief na kwart eeuw!!
Bekalking inzijggebied	H/U	Herstel buffering	Groot	Mits ook hydr. Herstel	LESA	Beperkte duur	Even geduld	B	Is ook al bijna 20 jaar effectief gebleken
Ontgronden	U	Afvoer nutriënten	Groot	Voorstudie, behouden bronpopulaties	Op standplaats	Eenmalig	Direct (abiotisch) en vertraagd (biotisch)	B?	Betreft voormalige landbouwgronden; toevoer diasporen van groot belang
Toedienen steenmeel	H/U	Herstel buffering	Groot	Op maat	Op standplaats	Eenmalig	Even geduld	H	Levert tevens sporenelementen

Verklaring enkele kolommen:

Type: H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

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

Mate van bewijs:

B - Bewezen: de maatregel heeft onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) met zekerheid het in de tekst beschreven positieve effect als hij in de praktijk wordt uitgevoerd.

V - Vuistregel: de maatregel kan onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) in veel gevallen het in de tekst beschreven positieve effect hebben als hij in de praktijk wordt uitgevoerd, maar dat is niet zeker.

H - Hypothese: door logisch nadenken is een maatregel geformuleerd die in de praktijk nog niet of nauwelijks is uitgeprobeerd, maar die in theorie effectief zou kunnen zijn.

Op basis van dit onderzoek wordt geadviseerd aan deze Tabel nog één maatregel toe te voegen (onderste rij, groen aangegeven):
Toedienen steenmeel ter verhoging van de buffercapaciteit op lange termijn. Hypothetische maatregel waarmee nu geëxperimenteerd wordt. In droge heide en natte heide is gevonden dat na twee jaar de antiverzuringseffecten van het toegediende steenmeel in de bodem zichtbaar worden (Weijters et al. 2017).

Een ander belangrijk punt wat in dit rapport aan de orde komt is de versterking van populaties en/of herintroductie van karakteristieke soorten nadat de abiotiek weer hersteld is. Dit is in heischrale graslanden voor een aantal plantensoorten een bewezen maatregel. Dit wordt in deel 1 van het rapport Herstelstrategieën (Smits *et al.* 2014) al genoemd als algemene aanvullende beheersmaatregel en is in deze Tabel dus niet opgenomen als extra herstelmaatregel. Verschil met de aanbevelingen van Smits *et al.* (2014) is wel dat hier wordt aanbevolen om voor de meest bedreigde soorten (óók de fauna!) een speciaal ex-situ-kweekprogramma te gebruiken, om (a) de druk op de bestaande populaties te minimaliseren en (b) de genetische diversiteit optimaal te kunnen behouden en toe te passen.

7 Actieplan: plan van aanpak

De huidige status van het droge heischraal grasland (H6230 & H2130C) vraagt om gecoördineerde en geïntegreerde acties om tot een landelijk herstel van dit prioritaire habitattype te komen, zodat er gezamenlijk een eenduidig en overzichtelijk **actieplan** kan worden opgesteld, waarvan zo veel als mogelijk bestaande terreinen met heischraal grasland, natuurontwikkelingsterreinen en habitatspecifieke planten- en diersoorten kunnen profiteren. De PAS biedt mogelijkheden voor herstelmaatregelen en deze geïntegreerde benadering van het landelijke probleem. De volgende aanpak kan in onze ogen binnen 5-10 jaar leiden tot een aanzienlijke kwaliteitsverbetering in het heischrale milieu:

1. aanvullende kwantificering van a) de knelpunten in de abiotiek van alle terreinen met heischraal grasland, b) levensvatbaarheid van de nog aanwezige populaties van de bedreigde, habitatspecifieke soorten, en c) inventarisatie van het verlies van genetische kwaliteit in resterende populaties van 4-5 vlindersoorten;
2. opzetten en uitvoeren van geplande acties (veldexperimenten en -pilots) om de buffercapaciteit van de bodem op te laden en geschikt te maken voor kenmerkende planten- en diersoorten;
3. ex situ vermeerderen van de genetische diversiteit van bedreigde planten- en indien nodig diersoorten uit het heischrale milieu via een kweekprogramma t.b.v. ‘genetic rescue’-acties en herintroducties;
4. uittesten of de experimentele steenmeeltoediening voldoende werkzaam is om de voedselkwaliteit van de vegetatie zodanig te verbeteren dat dit ook tot populatieversterking van de kenmerkende insectensoorten leidt;
5. ten slotte versterking van populaties (genetic rescue) en herintroductie in terreinen waar ze waren uitgestorven, uiteraard alleen nadat de abiotiek op orde is gebracht;
6. per (complex van) terreinen vaststellen van het benodigde pakket van herstelmaatregelen en advisering over de optimale uitvoering van regulier beheer om tot herstel van kenmerkende biodiversiteit te komen.

Deze zes onderdelen van het actieplan ‘heischraal grasland’ worden in de volgende paragrafen nader toegelicht, zodat er beter inzicht is wat de bedoeling en uitvoering van het plan zal zijn.

7.1 Aanvullende kwantificering

Voor een goede aanpak van de te plannen acties is kennis over de huidige situatie essentieel. Het is daarom nodig om een compleet overzicht te hebben van de knelpunten in de abiotiek van alle terreinen met (droog)heischraal grasland (goed, gedegenereerd en in ontwikkeling) in het Pleistocene zandlandschap en in de Duinen. Voor het actieplan betekent dat er aanvullende kwantificering van de bodemchemie nodig is, uiteraard voor zover dit nog niet recent (laatste 5 jaar) gemeten is (par. 3.4). Dit is cruciaal om te bepalen welke antiverzuringsmaatregelen waar nodig zijn, en of er aanvullende problemen zijn met bijvoorbeeld de nutriëntenbeschikbaarheid in terreinen op voormalige landbouwgrond (Loeb *et al.*, in druk).
Veel droge heischrale graslanden hebben op dit moment een matige tot slechte botanische kwaliteit. Dit betekent dat veel habitatspecifieke plantensoorten bedreigd zijn, zowel wat betreft het aantal populaties dat nog aanwezig als de grootte daarvan. Voor een drietal zeer zeldzame plantensoorten (par. 4.1 & 4.2) is de levensvatbaarheid van de nog aanwezige populaties al onderzocht en zijn de knelpunten al grotendeels geïdentificeerd, maar voor de overige, habitatspecifieke plantensoorten die bedreigd zijn (Tabel 6), is dit nog niet bekend. Het is daarom van groot belang om in het actieplan ook direct te starten met het opstellen van een overzicht waar welke soorten nog voorkomen en vervolgens via veldinventarisatie de grootte van de (effectieve) populaties per soort vast te stellen. In combinatie met kennis over de populatiebiologie van de betreffende plantensoort kan dan worden vastgesteld of er ‘genetic rescue’ nodig is, hoe dit bereikt kan worden (al of niet kweekprogramma) en

ten slotte waar (her)introductie nodig is. Zoals eerder aangegeven (par. 5.8), kan ook in populaties van kenmerkende diersoorten verlies van genetische diversiteit en inteeltdepressie optreden in de nu veelal kleine en versnipperde (meta)populaties. Hiernaar is in Nederlands nauwelijks onderzoek gedaan en het verdient daarom zeker aanbeveling om via inventarisaties gedegen inzicht te verkrijgen in hoe belangrijk deze processen zijn in de resterende populaties van 4-5 kenmerkende vlindersoorten uit het heischrale milieu (Aardbeivlinder, Kommavlinder, Grote parelmoervlinder, Duinparelmoervlinder en/of Gentiaanblauwtje).

7.2 Veldexperimenten en -pilots

Doorgeschoten bodemverzuring is een ernstig probleem in droge, heischrale graslanden en een aanzienlijk deel van de nog aanwezige heischrale vegetaties balanceert op het randje. Daar waar nog wel wat populaties van habitatspecifieke plantensoorten aanwezig zijn, is het cruciaal om de doorzettende bodemverzuring zo snel als mogelijk te stoppen en (deels) te herstellen, zodat de nog aanwezige populaties minimaal behouden blijven, oftewel redden wat er nog is: dit zijn belangrijke bronpopulaties voor later herstel van nu nog aanwezig heischraal grasland in slechte toestand. Er wordt voorgesteld om aan de hand van de nu verzamelde gegevens in dit rapport (par. 3.4), aangevuld met de extra metingen uit onderdeel 7.1, een lijst op te stellen van locaties van heischraal grasland met matige bodemkwaliteit, maar nog wel wat bedreigde soorten, om daar in de winter van 2017-2018 Dolokal toe te dienen, indien mogelijk na plaggen. Dit alles beoogt deze laatste plekken in elk geval voor de nabij toekomst te behouden! Verder wordt voorgesteld om hiervoor veldonderzoek te starten waarin bepaald wordt welk steenmeel voldoende reactief is om op korte termijn de bodemkwaliteit (basenverzadiging) te verbeteren, maar ook op wat langere termijn de ‘minerale motor’ van het systeem herstelt. In het juist gestarte experiment met steenmeeltoediening in een verzuurd grasland in Noord-Brabant wordt hier al aandacht aan besteed, maar gelet op het verschil in mineralogie tussen de verschillende zandregio’s wordt voorgesteld om een vergelijkbaar experiment (relatief kleine proefvlakken, 5 herhalingen en 4 behandelingen) op te starten in het centrale zandgebied (Veluwe) en in het noordelijke zandgebied (Drenthe). Uiteindelijk doel hiervan is om in de nabije toekomst (3-4 jaar) te komen tot een praktijkrijpe maatregel ter vervanging van de reddingsacties met Dolokal.

Helaas is nu ook al een aanzienlijk deel van het areaal droog heischraal grasland in slechte conditie, zowel wat vegetatiesamenstelling als bodemkwaliteit betreft (par. 3.4.1) In deze situaties met voor heischraal grasland zeer ver doorgeschoten bodemverzuring lijkt toediening van steenmeel – zonder plaggen – de aangewezen weg om de bodembuffering duurzaam te herstellen. Er loopt sinds najaar al een pilot met toediening van steenmeel (1-ha vlakken; 3 herhalingen) in verzuurd, soortenarm heischraal grasland op de Hoge Veluwe. Er wordt voorgesteld om in het kader van het actieplan het aantal onderzoekspilots uit te breiden naar andere ‘hotspots’ (o.a. par. 5.3) voor heischrale milieus in het droog zandlandschap. Deze uitbreiding van locaties is in onze ogen noodzakelijk, omdat er flinke verschillende in mineralogie via het moedermateriaal – en daarmee samenhangend de snelheid van herbuffering – zijn tussen de zandregio’s van Nederland en daarmee de effectiefste steenmeeltoepassing flink kan verschillen. Het voorstel is om pilots in te starten in het noordelijk zandgebied (2 pilots, bijvoorbeeld Holtingerveld, Dwingelderveld en/of Drents-Friese Wold), oostelijk zandgebied (1 pilot, bijvoorbeeld Sallandse heuvelrug of Vecht- en Beneden-Regge gebied), het zuidelijk zandgebied in Noord-Brabant (1 pilot, bijvoorbeeld Strabrachtse heide of Kampina) en in Noord/Midden-Limburg (1 pilot, bijvoorbeeld Maasduinen) en ten slotte in verzuurde heischrale graslanden in de duinen (1 pilot, bijvoorbeeld Terschelling). Het is hierbij wel zaak om aan de hand van mineralogisch en bodemchemisch vooronderzoek per regio te bepalen welke steenmeelsoort het meest optimaal is, en hierbij ook de – dan beschikbare – uitkomsten van het al langer lopende onderzoek in droge en natte heide naar de effectiviteit van verschillende steenmeelsoorten te betrekken. Zodra de knelpunten in bodemchemie voldoende zijn opgelost, kunnen in deze pilots (her)introducties starten van plantensoorten die (ernstig) bedreigd zijn (zie 7.3).

7.3 Kweekprogramma en ‘genetic rescue’-acties

Op basis van het al lopende onderzoek naar zeer zeldzame soorten en de uitkomst van de nog uit te voeren inventarisatie van de levensvatbaarheid van de overige habitatspecifieke plantensoorten (par. 7.1), wordt eerst een overzicht opgesteld welke aanvullende maatregelen nodig zijn om tot ‘genetic rescue’ van de betreffende plantensoorten te komen. In het actieplan zal in eerste instantie vanwege de urgentie worden gestart met plantensoorten, kenmerkend voor droog heischraal milieu in het Pleistocene zandgebied en voor de Duinen, hoewel ook voor een aantal kenmerkende plantensoorten uit de natte heischrale vegetaties of van de Zuid-Limburgse heischrale graslanden het aantal populaties zeer beperkt en vaak klein van omvang is geworden, zodat voor hen een aanvullende levensvatbaarheidsanalyse zeker op zijn plaats zou zijn (Figuur 2, Tabel 6). De uitkomst van dit gedeelte zal waarschijnlijk voor een aantal plantensoorten betekenen dat er ex-situvermeerdering van de genetische diversiteit via een kweekprogramma noodzakelijk is om later tot ‘genetic rescue’-acties te kunnen komen via inzaaien van zaad met voldoende hoge genetische diversiteit. Einddoel hierbij is om binnen 5-10 jaar weer vitale populatienetwerken van de betreffende plantensoorten op te bouwen. Het is verder waarschijnlijk dat ook voor een aantal kenmerkende diersoorten (bijvoorbeeld enkele vlindersoorten) de genetische diversiteit is aangetast. Indien dit inderdaad het geval zou zijn, dan is voor behoud en herstel van vitale populaties ook voor deze groep niet onwaarschijnlijk dat een aanvullend kweekprogramma nodig is om de genetische vitaliteit waar mogelijk te optimaliseren.

7.4 Voedselkwaliteit en toediening steenmeel

De kwaliteit van de voedselplanten van kenmerkende ongewervelde diersoorten kan in hoge mate beïnvloed worden door jarenlange hoge stikstofbelasting en voortschrijdende bodemverzuring. Dit kan in hoge mate de groei en overleving van deze kenmerkende soorten onder druk zetten. Er wordt voorgesteld om in het actieplan eerst vergelijkend onderzoek te doen naar chemische kwaliteit van de bodem in relatie tot die van voedselplanten in actuele en potentiële (= te herstellen) leefgebieden. Vervolgens kunnen op basis van die informatie kweekproeven worden uitgevoerd om de randvoorwaarden betreffende de voedselkwaliteit voor deze soorten te kwantificeren. Op de Hoge Veluwe zijn in het najaar van 2016 proeven met toepassing van steenmeel voor het eerst in heischraal grasland op praktijkschaal (pilots met 1 ha per vlak) gestart. Een belangrijk deel van de kenmerkende insectensoorten voor heischraal milieu komt in het gebied, echt een ‘hotspot’, ook voor. Het verdient aanbeveling om deze soorten nadrukkelijk in de al lopende monitoring mee te nemen, inclusief het succes ten aanzien van ei-afzet en larvale ontwikkeling. De huidige monitoring dient daarop te worden uitgebreid. Einddoel hiervan is om zeker te weten of de nu nog experimentele herstelmaatregel (toediening van steenmeel) in de praktijk ook echt voldoende werkzaam is om de voedselkwaliteit van de vegetatie zodanig te verbeteren dat dit ook tot populatieversterking van de kenmerkende insectensoorten leidt. Mocht dit niet het geval zijn, dan zouden eventueel aanvullende maatregelen moeten worden ontwikkeld om toch tot het gewenste resultaat te komen.

7.5 Populatieversterking en herintroductie

De acties, uitgevoerd bij onderdeel 7.3 van het actieplan, moeten ten slotte leiden tot a) gerichte versterking van nog aanwezige, te kleine populaties, b) herintroductie in terreinen waar ze waren uitgestorven en c) introductie in nieuw ontwikkelde heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond of in oude heideakkers. Dit alles moet natuurlijk pas worden uitgevoerd nadat de abiotiek voldoende op orde is gebracht via eerdergenoemde acties (par. 7.2) in de betreffende situatie. Dit alles betekent bijvoorbeeld dat al vroeg in het actieplan gestart kan worden met populatieversterking en herintroductie van (zeer) zeldzame soorten in heischrale graslanden die al een voldoende goede habitatkwaliteit hebben, vervolgens zullen de herstelde terreinen waar nog restpopulaties van wat kenmerkende soorten waren, aan de beurt komen voor herintroductie van meerdere kenmerkende soorten uit het droge heischrale milieu. De op dit moment in slechte toestand verkerende heischrale graslanden worden waarschijnlijk als laatste hersteld, wat inhoudt dat herintroducties van planten- en eventueel diersoorten daar pas aan het eind van het actieplan aan de

orde is. Overigens is het verstandig om dit programma van soortenherstel niet per toeval uit te voeren naargelang er herstelde locaties beschikbaar zijn, maar ruimtelijk op zodanige wijze dat per kerngebied/hotspot (bijvoorbeeld Holtingerveld) een vitaal netwerk van populaties per soort kan ontstaan. Bij dit alles moet ook aandacht besteed worden aan de wijze waarop de populatieversterking of herintroductie praktisch gezien op een effectieve manier kan worden uitgevoerd.

7.6 Landschapsbenadering

Heischrale milieus zijn maar een klein onderdeel van het Nederlandse heide- of duinlandschap. Het is dan ook zeker zeer belangrijk om het gehele landschap waar de heischrale graslanden in liggen in beschouwing te nemen om tot een integrale en samenhangende aanpak van de geschetste problematiek te komen. Kortom, een gebiedsgerichte benadering is hiervoor essentieel, zodat op een ruimtelijk optimale wijze herstel van hydrologie voor natte terreindelen, antiverzuringsmaatregelen in droge heide, heischrale graslanden en loofbossen, op slimme wijze gecombineerd kunnen worden met natuurontwikkeling van meer gebufferde vegetaties (heischraal of niet) op voormalige landbouwgrond en op heideakkers. Via een ruimtelijk optimaal pakket van herstel- en inrichtingsmaatregelen kan zo ten slotte op efficiënte wijze het herstel van kenmerkende biodiversiteit van heischrale graslanden tot stand komen, in samenhang met verbetering van het gehele leefgebied van het zandgebied.

7.7 Ten slotte

Het zal hopelijk duidelijk zijn geworden dat de toestand van droge heischrale graslanden kritiek is en dat gezamenlijke en provincie-overstijgende actie vereist is om de kwaliteit van het heischrale milieu in de nabije toekomst te kunnen waarborgen en vervolgens de oppervlakte daarvan te kunnen uitbreiden. Hierbij is het cruciaal dat er zowel aandacht wordt besteed aan het ontwikkelen van praktijkrijpe herstelmaatregelen en van effectieve natuurontwikkeling als aan het aanvullend verminderen van de nog te hoge N-depositie in het Nederlandse zandgebied. Immers, heischrale graslanden behoren tot de terrestrische vegetaties met de hoogste gevoeligheid voor de negatieve effecten van N-depositie (lage KDW). Dit betekent dat voor het duurzaam behouden van dit prioritaire habitattype op relatief korte termijn een structurele verlaging van de N-depositie tot rond de waarde van de KDW (10-12 kg N/ha/jaar) noodzakelijk is!

Literatuur

Bergsma, H., Vogels, J., Weijters, M., Bobbink, R., Jansen, A., Krul, L., 2016. Tandrot in de bodem. Bodem nummer 1.

Bobbink, R., 2008. Biodiversiteit in natuurreservaten. Landschap 25:109-115.

Bobbink, R., Bergsma, H.L.T, den Ouden, J., Weijters, M.L., in druk. Bodemverzuring in droog zandlandschap: na het zuur geen zoet? Landschap 34 (2): xx-xx.

Bobbink, R., Brouwer, E., Ten Hoopen, J. Dorland, E., 2004. Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: Van Duinen, G-J., Bobbink, R., Van Dam, C., Esselink, H., Hendriks, H., Klein, M., Kooijman, A., Roelofs, J. & Siebel, H., Duurzaam natuurherstel voor behoud biodiversiteit. 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het overlevingsplan bos en natuur, Expertisecentrum LNV, Ede, pp. 33-70.

Bobbink, R., de Graaf, M.C.C., Verheggen, G.M., Roelofs, J.G.M., 1998. Heeft het heischrale milieu in Nederland nog toekomst? In: Bobbink, R, Roelofs, J.G.M. & Tomassen, H.B.M. (red.): Effectgerichte maatregelen en behoud van biodiversiteit in Nederland. Proc. Symp. K.U. Nijmegen.

Decleer, K. (red), 2007. Europees beschermde natuur in Vlaanderen en het Belgisch deel van de Noordzee. Habitattypen. Dier- en plantensoorten. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.M.2007.01, Brussel, 584 p.

De Graaf, M.C.C., Bobbink, R., Smits, N.A.C., Van Diggelen, R. Roelofs, J.G.M., 2009. Biodiversity, Vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. Biological Conservation 142: 2191-2201.

De Graaf, M.C.C. , Verbeek, P., Robat, S., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M., De Goeij, S., Scherpenisse, M., 2004. Lange-termijn effecten van herstelbeheer in heide en heischrale graslanden. Rapport EC-LNV nr. 2004/288-O.

De Graaf, M.C.C., 2000. Exploring the calcicole-calcifuge gradient in heathlands. Dissertatie KUN, Nijmegen, 175 pp.

De Graaf, M.C.C., Verbeek, P.J.M., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M., 1998. Restoration of species-rich dry heaths: the importance of appropriate soil conditions. Acta Botanica Neerlandica 47: 89-111.

Dennis, R.L.H., Shreeve, T.G. and Van Dyck, H., 2003. Towards a functional resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint. Oikos 102, 417–426.

Dorland, E., Bobbink, R., Brouwer, E., Peters, C.J.H., Van der ven, P.J.M., Vergeer, P., Verheggen, G.M. & Roelofs, J.G.M., 2000. Herintroductie en bekalking van het inzijggebied. Aanvulling bij effectgerichte maatregelen in heischrale milieus. Rapport UU / KUN, Utrecht/Nijmegen.

Dorland, E., Bobbink, R., Rotthier, S. & Soons, M.B., 2011. Heischrale graslanden: nu en in de toekomst bedreigd door overmaat aan stikstof! De Levende Natuur, 112: 220-224.

Dorland E., Van den Berg, L., Bobbink, R., Roelofs, J., 2003. Bekalking bij het herstel van gedegenereerde heiden en heischrale graslanden. De Levende Natuur 104: 144-148.

Fischer, K., Fiedler, K., 2000. Response of the copper butterfly Lycaena tityrus to increased leaf nitrogen in natural food plants: evidence against the nitrogen limitation hypothesis. Oecologia 124: 235–241.

Franke, K. & Fischer, K., 2013. Effects of inbreeding and temperature stress on life history and immune function in a butterfly. Journal of Evolutionary Biology 26(3): 517-528.

Haikola, S., 2003. Effects of inbreeding in the Glanville fritillary butterfly (*Melitaea cinxia*). Annales Zoologici Fennici 40(6): 483-493

Janssen, J.A.M., & Schaminee, J.H.J., 2003. Europese Natuur in Nederland. Habitat typen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Leeuwen, N. van, 2010. Reproductive success and adaptation to local soil conditions in a threatened dioecious plant: a field study in the Netherlands. Master Thesis Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica, Universiteit van Amsterdam.

Loeb, R., van der Bij, A., Bobbink, R., Frouz, F.J., van Diggelen, R., 2013. Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden- Eindrapportage fase 1. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische zaken, Den Haag, pp. 135 Rapportnummer 2013/OBN176-DZ.

Loeb, R., van der Bij, A., Bobbink, R., Frouz, F.J., Benetková, P., van Diggelen, R., in druk. Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden - Eindrapportage fase 2. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische zaken, Den Haag, Rapportnummer 2017/OBNxxx-DZxx.

Lolkema, D.E., Noordijk, H., Stolk, A.P., Hoogerbrugge, R., van Zanten, M.C., van Pul, W.A.J., 2015. The measuring ammonia in nature (MAN) network in The Netherlands. Biogeosciences 12: 5133-5142.

Luijten, S.H., J.G.B. Oostermeijer, 2007. Case: laat Valkruid niet vallen! De Levende Natuur 109: 134-135.

Luijten, S.H., A. Vos, H. Offringa, J.G.B. Oostermeijer, 2015. Behoud van de Stengelloze sleutelbloem in Drentsche Aa-gebied. De Levende Natuur 116: 119-121.

Nijssen, M. & Siepel, H., 2010. The characteristic fauna of drift sands. In: Fanta, J. and H. Siepel. Inland drift sand landscapes. KNNV-Uitgeverij, Driebergen, 255-278.

Nijssen, M., Wallis de Vries, M.F. & Siepel, H., 2017. Pathways for the effects of increased nitrogen deposition on fauna. Biological Conservation (in druk).

Oostermeijer, J.G.B. & V. Lainé, 2007. Een weesgegroetje voor het Rozenkransje? De Levende Natuur 106: 66-67.

Oostermeijer, J.G.B. S.H. Luijten, M.M. Kwak, E. Boerrigter, J.C.M. den Nijs, 1998. Zeldzame planten in het nauw: problemen van kleine populaties. De Levende Natuur 99: 134-141.

Oostermeijer, J.G.B., Y. Hartman, S.H. Luijten, J.C.M. den Nijs, 2013. Het vermengen van populaties: steuntje in de rug of duwtje de afgrond in? Vakblad Natuur Bos en Landschap 28-31.

Oostermeijer, J.G.B., E. Senden, M. Paauw, P. Meirmans, S.H. Luijten, 2014. Kleine schorseneer kwijnt weg. *www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=19723*

Oostermeijer, J.G.B., S.H. Luijten, M. Weijters, R. Bobbink, 2016, Rozenkransje en heischraal grasland in Drenthe. De Levende Natuur 117(1): 22-27.

Paauw, M., 2014. Small and fragmented populations of self-incompatible plant species: a population genetic study. BSc Thesis Biological Sciences, IBED-Universiteit van Amsterdam.

Pierson, J.C., Coates, D.J., Oostermeijer, J.G.B., Beissinger, S.R., Bragg, J.G., Sunnucks, P., Schumaker, N.H. & Young, A.G., 2016. Genetic factors in threatened species recovery plans on three continents. Frontiers in Ecology & Environment 14(8): 433-440.

Pollard, E., Yates, T.J., 1993. Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation. Chapman and Hall, London.

Schaminée, J.H.J., Stortelder, A.H.F. & Weeda, E.J., 1996. De vegetatie van Nederland Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en heiden. Opulus Press, Uppsala/Leiden.

Senden, E.D.J., 2014. Effects of pollination processes and the Allee effect on seed production in a threatened long-lived perennial plant species. BSc Thesis Biological Sciences, IBED-Universiteit van Amsterdam.

Smits, N.A.C., R. Bobbink, A.J.M. Jansen & H.F. van Dobben 2014. Herstelstrategie H6230: Heischrale graslanden. In: Smits, N.A.C. & A.S. Adams, D. Bal & H.M. Beije (eds. 2014). Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II: Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. Alterra Wageningen UR & Programmadirectie Natura 2000 van het Ministerie van Economische zaken.

Stevens, C.J., Duprè, C., Dorland, E., Gaudnik, C.,. Gowing, D.J.G., Bleeker, A., Diekmann, M., Alard, D., Bobbink, R., Fowler, D., Corcket, E., Mountford, J.O., Vandvik, V., Aarrestad, P. A. , Muller, S., Dise, N.B., 2010. Nitrogen deposition threatens species richness of grasslands across Europe**.** Environmental Pollution 158: 2940-2945.

Swertz, C.A., Schaminée, J.H.J., & Dijk, E., 1996. De vegetatie van Nederland Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en heiden. Hoofdstuk 19. Nardetea. Opulus Press, Uppsala/Leiden.

Varga, S., M.M. Kytöviita, 2008. Sex-specific responses to mycorrhiza in a dioecious species. American Journal of Botany 95: 1225-1232.

van Dam, D., van Dobben, H.F., ter Braak, C.F.J. & T. de Wit, 1986. Air pollution as a possible cause for the decline of some phanerogamic species in The Netherlands. Vegetatio 65: 47-52.

Van Swaay, C.A.M., Termaat, T., Kok, J., Huskens, K. & Poot, M., 2016. Vlinders en libellen geteld: jaarverslag 2015. Rapport VS2016.01, De Vlinderstichting, Wageningen.

VandenBroeck, A., Maes, D. Kelager, A., Wynhoff, I., Wallis de Vries, M.F., Nash, D.R. Oostermeijer J.G.B., Van Dyck, H. & Mergeay, J., 2017. Gene flow and effective population sizes of the butterfly

Maculinea alcon in a highly fragmented, anthropogenic landscape. Biological Conservation 209: 89-97.

Vandewoestijne, S., Schtickzelle, N. & Baguette,M., 2008. Positive correlation between genetic diversity and fitness in a large, well-connected metapopulation. BMC Biol. 6, 11.

Vanreusel, W. & Van Dyck, H., 2007. When functional habitat does not match vegetation types : A resource-based approach to map butterfly habitat. Biological Conservation 135 (2): 202-211.

Verheijden, T.M.S., 2015. Pollen limitation in a small, isolated population of a threatened perennial plant species. BSc Thesis Biological Sciences, IBED-Universiteit van Amsterdam.

Vogels, J., van den Burg, A., Remke, E., Siepel, H., 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van faunagemeenschappen van heideterreinen - Evaluatie en ontwerp van bestaande en nieuwe herstelmaatregelen (2006-2010). Rapport nr. 2011/OBN152-DZ, DKI-EL&I, Den Haag.

Vogels, J.J., Jansman, H.A.H., Bobbink, R., Weijters, M., Verbaarschot, E., ten Den, P.G.A., Versluijs, R., Waasdorp, S., 2013. Herstellen van akkers als onderdeel van een intact heidelandschap - de koppeling tussen arme heidegebieden en rijkere gronden. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Vogels, J., Bobbink, R., Weijters, W. & Bergsma, H., 2016. Het droge heidelandschap in de 21e eeuw: aandacht voor mineralogie en historisch landgebruik. De Levende Natuur 117 (6), 245-250.

Vogels, J.J., Verberk, W.C.E.P., Lamers, L.P.M., & Siepel., H., 2017. Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? Biological Conservation, http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.039

Wallis de Vries, M.F., 2004. A quantitative conservation approach for the endangered butterfly Maculinea alcon. Conservation Biology 18(2): 489-499.

Wallis de Vries, M.F., 2008. Evaluatie beschermingsplan gentiaanblauwtje 2003-2007: van soort naar leefgebied. Rapport VS2008.032, De Vlinderstichting, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F., 2013. Hoe stikstof de vlinders laat stikken. Entomologische Berichten 73(4): 158-163.

Wallis de Vries, M., 2016. Vlinders en klimaatverandering. Vlinders 31(1): 4-7.

Wallis de Vries, M.F. & Van Swaay, C.A.M., 2006. Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling. Global Change Biology 12: 1620–1626.

Wallis de Vries, M.F. & Ens, S., 2010. Effects of habitat quality and isolation on the colonization of restored heathlands by butterflies. Restoration Ecology 18(3): 390-398.

Wallis de Vries, M.F. & Sanders, G., 2014. Drie decennia dagvlinder- en brodevogelmonitoring in het Nationale Park De Hoge Veluwe. De Levende Natuur 115(6): 277–283.

Wallis de Vries, M.F., Baxter, W. & Van Vliet, A.J., 2011. Beyond climate envelopes: effects of weather on regional population trends in butterflies. Oecologia 167: 559–571.

Wallis de Vries, M.F., Bobbink, R., Brouwer, E., Huskens, K., Verbaarschot, E., Versluijs, R. & Vogels, J.J. (2014). Drukbegrazing en chopperen als alternatieven voor plaggen van natte heide: effecten op korte termijn en evaluatie van praktijkervaringen. Rapport OBN191-NZ, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Wallis de Vries, M., Beringen, R. & van Delft, J., 2016. Tussen arm en rijk: kansen voor soorten van droge schraallanden. Vakblad Natuur, Bos, Landschap 11(6): 10-13.

Weijters, M., Bobbink, R., Verbaarschot, E., Vogels, J., Bergsma, H., Siepel, H., 2017. Herstel van heide door middel van steenmeelgift: rapportage 2017. Rapport provincie Noord-Brabant / VBNE (OBN-2014-58-DZ).

Weeda, E.J., Schaminée, J.H.J. & Van Duren, L., 2002. Atlas van plantengemeenschappen in Nederland - deel 2. Graslanden, zomen en droge heide. KNNV Uitgeverij, Utrecht

Wolma, M., T. Slagter, 2011. Sexuele reproductie bij het Rozenkransje: fertiel of funest? De Levende Natuur 112 (1): 22-23.

Bijlage 1 Kwaliteitsscores heischrale soorten

Nederlandse naam	*Wetenschappelijke naam*	*diff of kensoort voor Klasse, Verbond, Associatie*	*score*	*Rode lijst*	*Rode lijst 2012*
Rozenkransje	Antennaria dioica	kV	5	ja	EB
Gelobde maanvaren	Botrychium lunaria	kV	5	ja	BE
Heidezegge	Carex ericetorum	kV	5	ja	BE
Ogentroost, Stijve	Euphrasia stricta	kV	5	ja	GE
Nachtorchis, Welriekende	Platanthera bifolia	kV	5	ja	BE
Vleugeltjesbloem, Liggende	Polygala serpyllifolia	kV	5	ja	KW
Kleine Schorseneer	Scorzonera humilis	kV	5	ja	BE
Herfstschroeforchis	Spiranthes spiralis	kV	5	ja	EB
Viooltje, Honds	Viola canina	kV	5	ja	GE
Mannetjesereprijs	Veronica officinalis	kV	3		
Valkruid	Arnica montana	kK	5	ja	BE
Borstelgras	Nardus stricta	kK	5	ja	GE
Tandjesgras	Danthonia decumbens	kK	3		
Tormentil	Potentilla erecta	kK	3		
Veldgentiaan	Gentianella campestris	kA	5	ja	BE
Groene nachtorchis	Coeloglossum viride	kA	5	ja	
Kartelblad, Heide	Pedicularis sylvatica	kA	5	ja	KW
Betonie	Stachys officinalis	kA	5	ja	BE
Zegge, Pil	Carex pilulifera	kA	3		
Walstro, Liggend	Galium saxatile	kA	3		
Struisgras, Gewoon	Agrostis capillaris	dK	1		
Reukgras, Gewoon	Anthoxanthum odoratum	dK	1		
Schapengras, Fijn	Festuca filiformis	dK	1		
Muizenoor	Hieracium pilosella	dK	1		
Biggenkruid, Gewoon	Hypochaeris radicata	dK	1		
Veldbies, Gewone	Luzula campestris	dK	1		
Zuring, Schapen	Rumex acetosella	dK	1		
Orchis, Gevlekte	Dactylorhiza maculata	dA	3	ja	GE
Gentiaan, Klokje	Gentiana pneumonanthe	dA	3	ja	GE
Gewone vleugeltjesbloem	Polygala vulgaris	dA	3	ja	KW
Knoop, Blauwe	Succisa pratensis	dA	3	ja	GE
Moerasstruisgras	Agrostis canina	dA	1		
Duinriet	Calamagrostis epigejos	dA	1		
Zegge, Zand	Carex arenaria	dA	1		
Zegge, Blauwe	Carex panicea	dA	1		
Smele, Bochtige	Deschampsia flexuosa	dA	1		
Dophei, Gewone	Erica tetralix	dA	1		
Pijpenstrootje	Molinia caerulea	dA	1		
Gewone agrimonie	Agrimonia eupatoria		2	ja	GE
Driedistel	Carlina vulgaris		2	ja	BE
Steenanjer	Dianthus deltoides		2	ja	KW
Zonnedauw, Ronde	Drosera rotundifolia		2	ja	GE
Stekelbrem	Genista anglica		2	ja	GE
Brem, Kruip	Genista pilosa		2	ja	KW
Verfbrem	Genista tinctoria		2	ja	BE
Fraai hertshooi	Hypericum pulchrum		2	ja	BE
Geelhartje	Linum catharticum		2	ja	KW
Beenbreek	Nartecium ossifragum		2	ja	KW
Parnassia	Parnassia palustris		2	ja	KW
Moeraskartelblad	Pedicularis palustris		2	ja	KW
Vetblad	Pinguicula vulgaris		2	ja	BE
Rond wintegroen	Pyrola rotundifolia		2	ja	KW
Ratelaar, Kleine	Rhinanthus minor		2	ja	GE
Veenbies	Trichophorum cespitosum		2	ja	KW
Karwijselie	Selinum carviflorum		2	ja	EB
Guldenroede, Echte	Solidago virgaurea		2	ja	KW
Tijm, Kleine	Thymus serpyllum		2	ja	BE
Kleine valeriaan	Valeriana dioica		2	ja	KW
Witte snavelbies	Rhynchospora alba		2	ja	KW
Klein warkruid	Cuscuta epithymum		2	ja	KW
Parnassia	Parnassia palustris		2	ja	KW
Moerasbasterdwederik	Epilobium palustre		2	ja	GE
Rode ogentroost	Odontites vernus		2	ja	GE

Bijlage 2 Vegetatieopnamen Schaopedobbe en Borkeld 2016

Schaopedobbe 2016										
Opnamenummer	34	36	38	40	35	37	39	41		
Behandeling in 2001	ongeplagd blanco1	ongeplagd blanco 2	geplagd blanco 1	geplagd blanco 2	ongeplagd mergel	ongeplagd dolokal	geplagd mergel	geplagd dolokal		
Associa_01	19AA01	19RG02	40RG02	20AA01D	19AA01	20AA01D	19AA01	19AA01		
Aantal soorten	20	11	21	14	17	14	20	19		
Kwaliteitsscore	15	12	16	20	18	17	24	26		
Agrostis capillaris	1		1							Gewoon struisgras
Anthoxanthum odoratum	1		2m			+				Gewoon reukgras
Betula pubescens	r		2b							Zachte berk
Calluna vulgaris	2b	3	2b	3	4	4	4	4		Struikhei
Ceratocapnos claviculata	1		+							Rankende helmbloem
Deschampsia flexuosa	2m	+	1				1	2m		Bochtige smele
Erica tetralix	+	r		+	+	+		1		Gewone dophei
Festuca rubra	1		1		+			1		Rood zwenkgras s.s.
Galium saxatile	1	r	2m	+	+	1	+	1		Liggend walstro
Hypochaeris radicata	r							r		Gewoon biggenkruid
Molinia caerulea	3	3	2b	3	2b	2b	2b	3		Pijpenstrootje
Potentilla erecta	+		2a	1	2a	2m	2a	2m		Tormentil
Prunus serotina	r		+		r		r			Amerikaanse vogelkers
Quercus robur	+	+	+	r	+	+	+	+		Zomereik
Rumex acetosella	+									Schapenzuring
Sorbus aucuparia	+		+				r			Wilde lijsterbes
Festuca ovina	1			+	1		1	+		Genaald schapengras
Agrostis canina	2m	r	2m	1	2m	2m	2m	1		Moerasstruisgras
Amelanchier lamarckii	r			+		r				Amerikaans krentenboompje
Rhamnus frangula	2a	+	2b	+	2a	+	+	+		Sporkehout
Achillea millefolium					+		r			Gewoon duizendblad
Arnica montana				1	1	1	2a	2a		Valkruid
Genista anglica		r	+	1	+	1	2a	2m		Stekelbrem
Hieracium umbellatum			+	+	+	+	1			Schermhavikskruid
Holcus lanatus		r			+		+	+		Gestreepte witbol
Luzula campestris					+					Gewone veldbies
Carex pilulifera		r	+	r			+	+		Pilzegge
Hieracium laevigatum			r			+	+	+		Stijf havikskruid
Holcus mollis			+							Gladde witbol
Rumex acetosa			+							Veldzuring
Hieracium pilosella							+	+		Muizenoor
Danthonia decumbens							+	1		Tandjesgras
	Ongeplagd, blanco	Ongeplagd, blanco	Geplagd, blanco	Geplagd, blanco	Ongeplagd, bekalkt	Ongeplagd, bekalkt	Geplagd, bekalkt	Geplagd, bekalkt		

Borkeld 2016							
Opnamenummer	9	10	7	8			
Behandeling in 2001	Geplagd Blanco 1	Geplagd Blanco 2	Geplagd Mergel 1	Geplagd Mergel 2			
Associa_01	19RG02	20AA01B	19AA01	19AA01			
Aantal soorten	8	8	14	13			
Kwaliteitscore	8	9	17	16			
						Ned_naam	
Agrostis capillaris	2m	2m	2a	2a		Gewoon struisgras	
Arnica montana			2a	1		Valkruid	
Calluna vulgaris	2b	3	2b	2a		Struikhei	
Carex pilulifera	+		+	1		Pilzegge	
Deschampsia flexuosa	1	1	2m	2m		Bochtige smele	
Erica tetralix	2a	2a	1	+		Gewone dophei	
Hypochaeris radicata			+			Gewoon biggenkruid	
Pinus sylvestris	r	+	r			Grove den	
Rumex acetosella	1		1	1		Schapenzuring	
Veronica officinalis			+	r		Mannetjesereprijs	
Festuca ovina	2a	1	2b	2b		Genaald schapengras	
Amelanchier lamarckii			+	+		Amerikaans krentenboompje	
Taraxacum species			r			Paardenbloem (G)	
Rhamnus frangula			1	r		Sporkehout	
Ornithopus perpusillus				1		Klein vogelpootje	
Quercus robur				r		Zomereik	
Betula pendula		+				Ruwe berk	
Nardus stricta		+				Borstelgras	
	geplagd blanco	geplagd blanco	geplagd bekalkt	geplagd bekalkt			

Bijlage 3 Overzicht beheer en herstelmaatregelen van locaties met heischrale vegetaties

Verbrande bos (Staverden) – Stichting Geldersch Landschap en Kastelen: vegetatie gechopperd en daarna geplagd, hydrologie hersteld: allemaal in de winter van '89/'90; vervolgbeheer (na 3-4 jaar): jaarlijks maaien en afvoeren, 75% van oppervlak.

Leemputten (Staverden) – gemeente Ermelo: geplagd in 1990, deel van het proefvlak is 1 cm leem opgebracht (ook in 1990); verder genoemd als wissel van edelherten. Vervolgbeheer: Leemputten worden 1x per jaar gemaaid met afvoer maaisel in okt/nov. Handmatig worden elk jaar kleine stukjes geplagd en daarna ook altijd bekalkt.

Houtdorper en Speulderveld - gemeente Ermelo: Het stukje heischraal (opname 6) is onderdeel van een gebied van 540 ha dat jaarrond extensief begraasd wordt met ca. 20 koeien. Geen bemesting, geen bekalking. Ten behoeve van de aanleg van A1 begin jaren '70 is hier zand afgegraven. Daarna is het heischraal grasland ontstaan. De boer wil er in 2017 mee ophouden omdat begrazing hem meer kost dan het opbrengt. Gemeente Ermelo laat hem nu om niet het terrein begrazen en betaalt alleen afrasteringpaaltjes als dat nodig is.

Brecklenkampse veld – Landschap Overijssel: bij start monitoring is oude transect 3 (in 2016: nummer 2) geplagd in de winter van '89/'90. Vervolgbeheer: na enige tijd jaarlijks maaien, is zeker tot in dit millennium gebeurd. Terrein wordt nog steeds 1x per jaar gemaaid eind september en maaisel afgevoerd. Soms is een stukje te nat en dan wordt wel eens een jaar over geslagen. Daarnaast bosrandbeheer en af en toe bomen gekapt. Nooit bekalkt. De aanliggende **Bergvennen** worden d.m.v. drukbegrazing (schapen) beheerd.

Schaopedobbe – 't Fryske Gea: experimenteel wel of niet geplagd in winter '89/'90, verder wel of niet behandeld met mergel (= pure kalk 1,2 ton/he) of Dolokal (1,2 ton/ha). Valkruid stond in de ongeplagde situatie, is uitgezaaid in 1990 in de geplagde situaties. Vroeger jaarlijks maaibeheer, nu al sinds decennia heidebeheer met schapen. Het terrein veranderd richting heide, ook opslag struiken in controle.

Borkeld - Staatsbosbeheer: voormalige groeiplaats van Valkruid, ca. 1988 geplagd. In 1990 start OBN onderzoek, wel of niet bekalkt (kal 0,6 ton/ha). In 1997 start herintroductie Valkruid via zaden of kiemplanten (herbekalkt 0,8 ton/he). Eerste 10 jaar met raster afgezet, wel verwijdering boompjes. Regulier beheer is overal op Borkeld: schaapskudde plus verwijderen opslag (dit ook in controle van het OBN-gedeelte, het gedeelte met Valkruid wordt door SBB open gehouden (af en toe gemaakt) en is al een keer bij bekalkt (dosis onbekend) en is omrasterd om begrazing van Valkruid uit te sluiten.

Havelte-Oost (Arnicaveld) – Defensie: in najaar 1991 geplagd rond een moederpopulatie van Valkruid (ca. 50 planten). Vervolgbeheer: vroeger maaien in september. Nu gemaaid in oktober (vanwege late bloei van klokjesgentiaan). Daarna begrazen ze met de schaapskudde maar volgens beheerder staat er dan niet veel biomassa meer op.

Het Arnica stuk wordt in dezelfde periode gemaaid en ze maaien hier steeds iets meer (ook heide met Molinia). In het gemaaide deel kan Arnica goed kiemen. Op het stuk waar Grote wolfsklauw staat maaien ze het iets minder kort af. Verder worden er af en toe kleine stukjes geplagd vooral voor Klokjesgentiaan. Maar in het verleden zijn er ook op andere plaatsen wel kleine plagplekken gemaakt. Er wordt niet bekalkt na het plaggen.

Havelterberg - Staatsbosbeheer (voorheen per abuis Hunehuis genoemd): voor de helft geplagd in najaar 1991 vervolgbeheer (na enige tijd) begrazing met de schaapskudde. Waarschijnlijk lag deel van de opnames uit 2016 in geplagde stuk uit 1991, maar dit is onzeker.

Gasterense duinen - Private eigenaar, valt onder heidebeheer St. Landschapsbeheer Drenthe: geplagd in winter 1990. Wordt tegenwoordig nauwelijks beheerd.

Willink's Weust – **Staatsbosbeheer.** Het terrein wordt 1x per jaar gemaaid en maaisel wordt afgevoerd, in september. Ook blijft elk jaar ca. 10% staan. Geen begrazing, plaggen of bekalking. In verlaten kalkgroeve beneden (niet bezocht) wordt alleen opslag verwijderd.

Amelander Kooiduinen – Wordt beheerd door vennootschap van boeren. Terrein wordt beweid met koeien en paarden van ca. 1 mei – 1 juli en nogmaals een periode in het najaar. Verder niets, geen plaggen, maaien, bekalken.

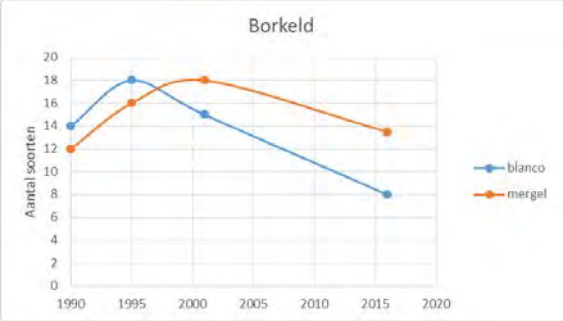
Hoge Veluwe – Het enige beheer dat daar heeft plaatsgevonden de afgelopen 20 jaar is 2x branden, in 2004 en 2011. Verder geen chopperen/plaggen/maaien/bekalking, wel mee begraasd door het wild dat op de Hoge Veluwe loopt.

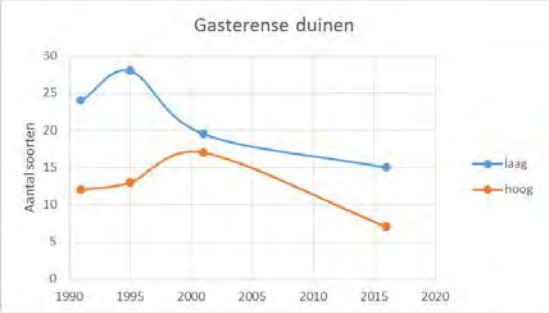
Drouwenerzand – **Drents Landschap –** Het deel heischraal wordt meebegraasd met de heide door Drentse heideschapen. Graasdichtheid was de laatste 15 jaar vrij constant. Zat om en nabij de 1 schaap per 2 ha jaarrond. Binnen het deel heischraal is in die periode nooit gemaaid, geplagd of bekalkt. Enige aanvullende beheer bestaat uit het doorlopend handmatig verwijderen van zaailingen Grove den in het totale heide terrein inclusief het deel heischraal.

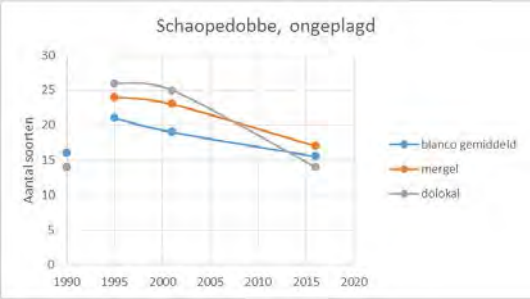
Buiningerveld – Staatsbosbeheer. Informatie ten tijde van rapportage nog niet ontvangen.

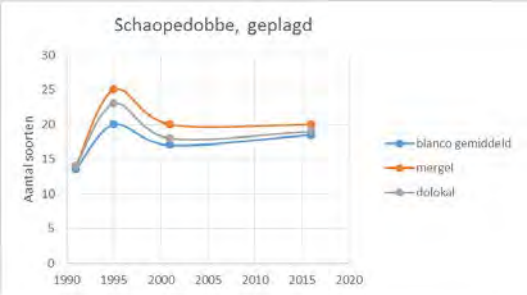
Buinen wegberm – **Staatsbosbeheer**. Staat Valkruid in de berm die aangrenzend is aan een heideterrein. Beheer is 1x per jaar maaien in september/oktober en maaisel wordt niet afgevoerd!!

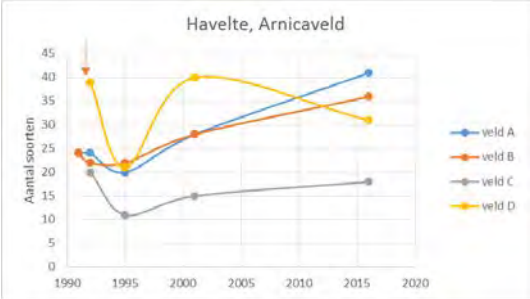
Bijlage 4 Ontwikkeling soortenaantallen in 5 EGM-terreinen 1990–2016

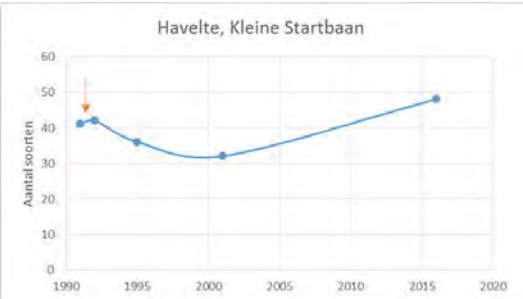




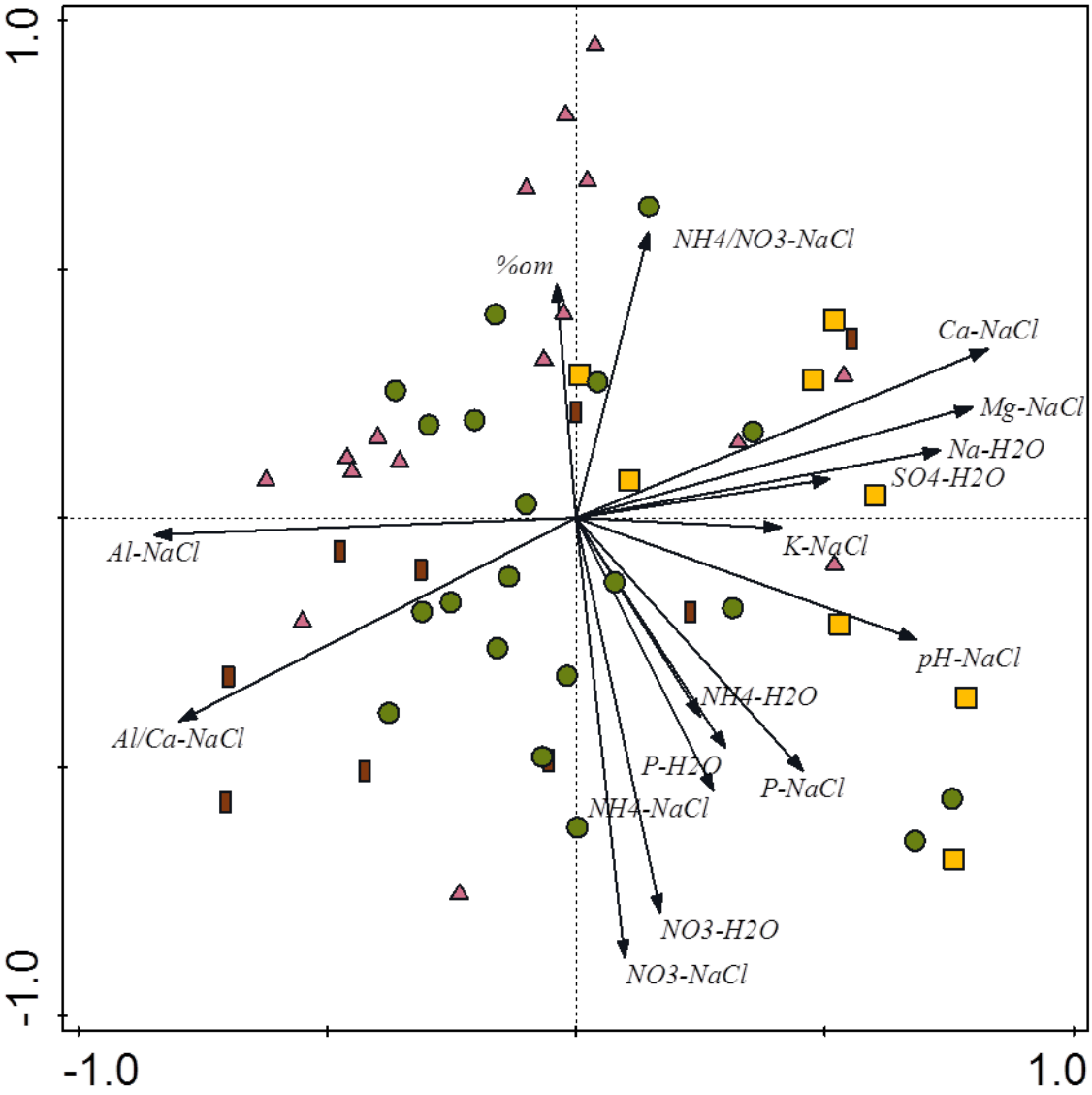








Bijlage 5 PCA van de omgevingsvariabelen waarin de locaties van de opnames zijn geplot

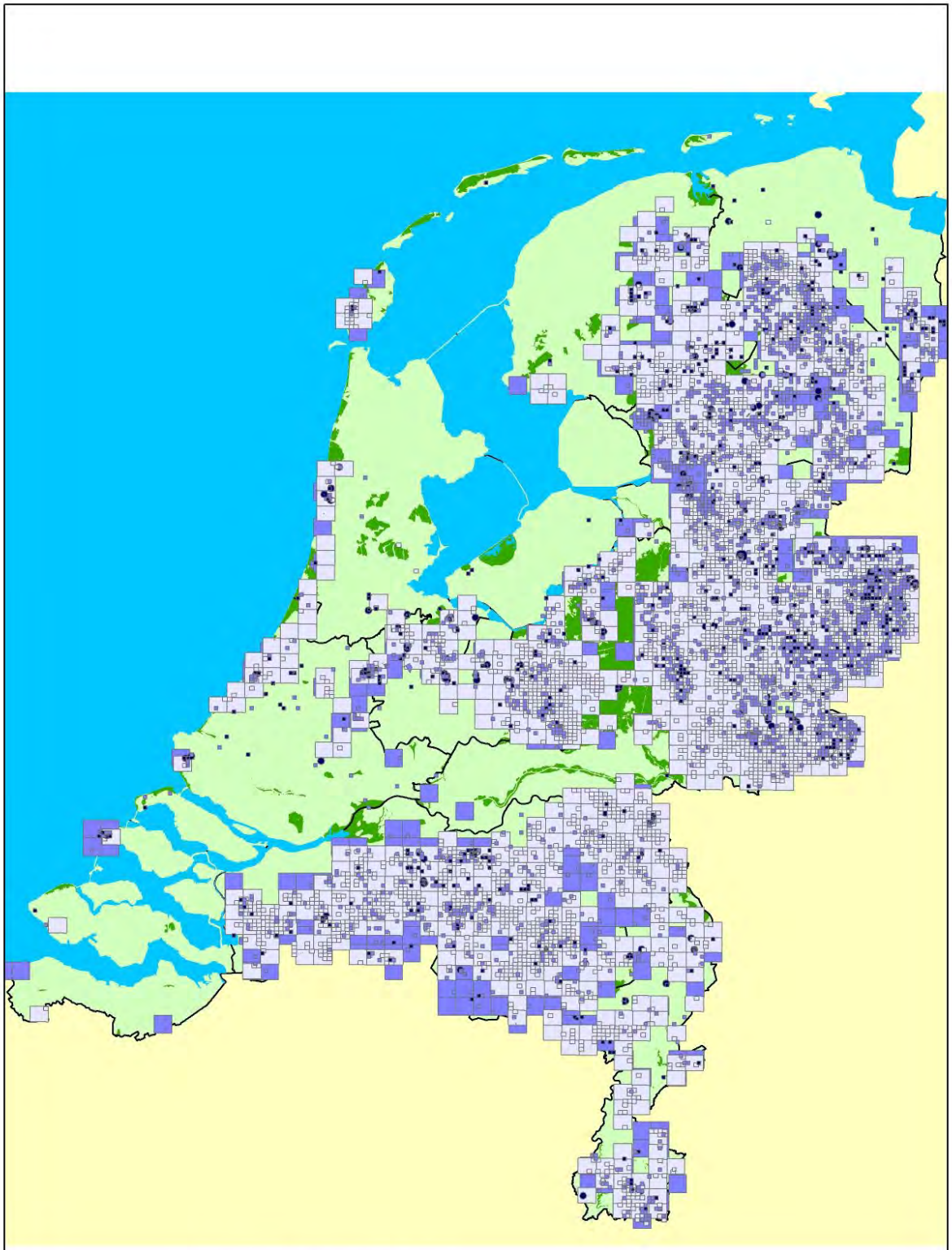


Bijlage 6 Verspreidingskaartjes Heischrale soorten

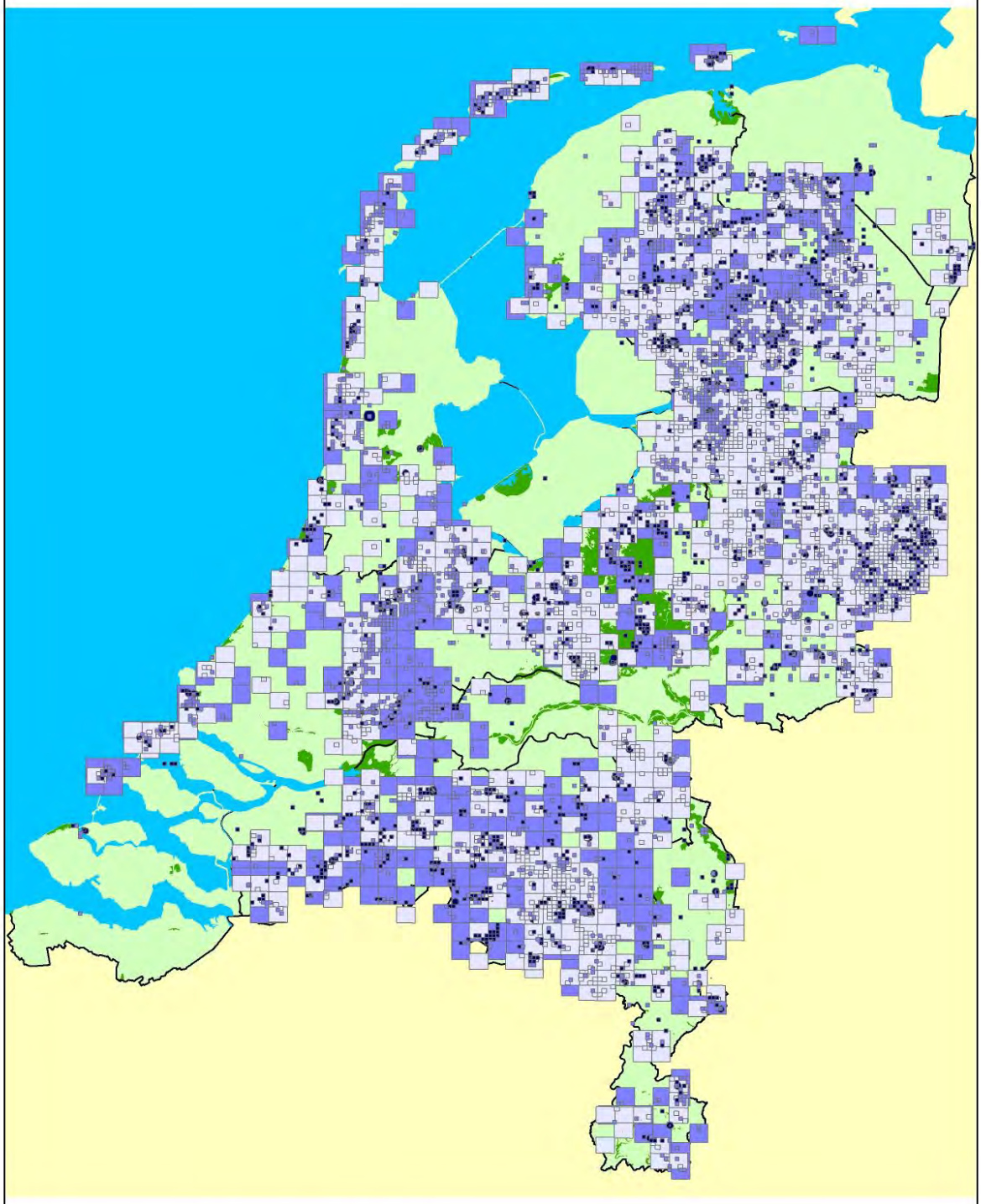
Legenda:

Lichtpaars:	**voor 1950**
Paars:	**tussen 1950 en 2000**
Donkerpaars:	**na 1950**

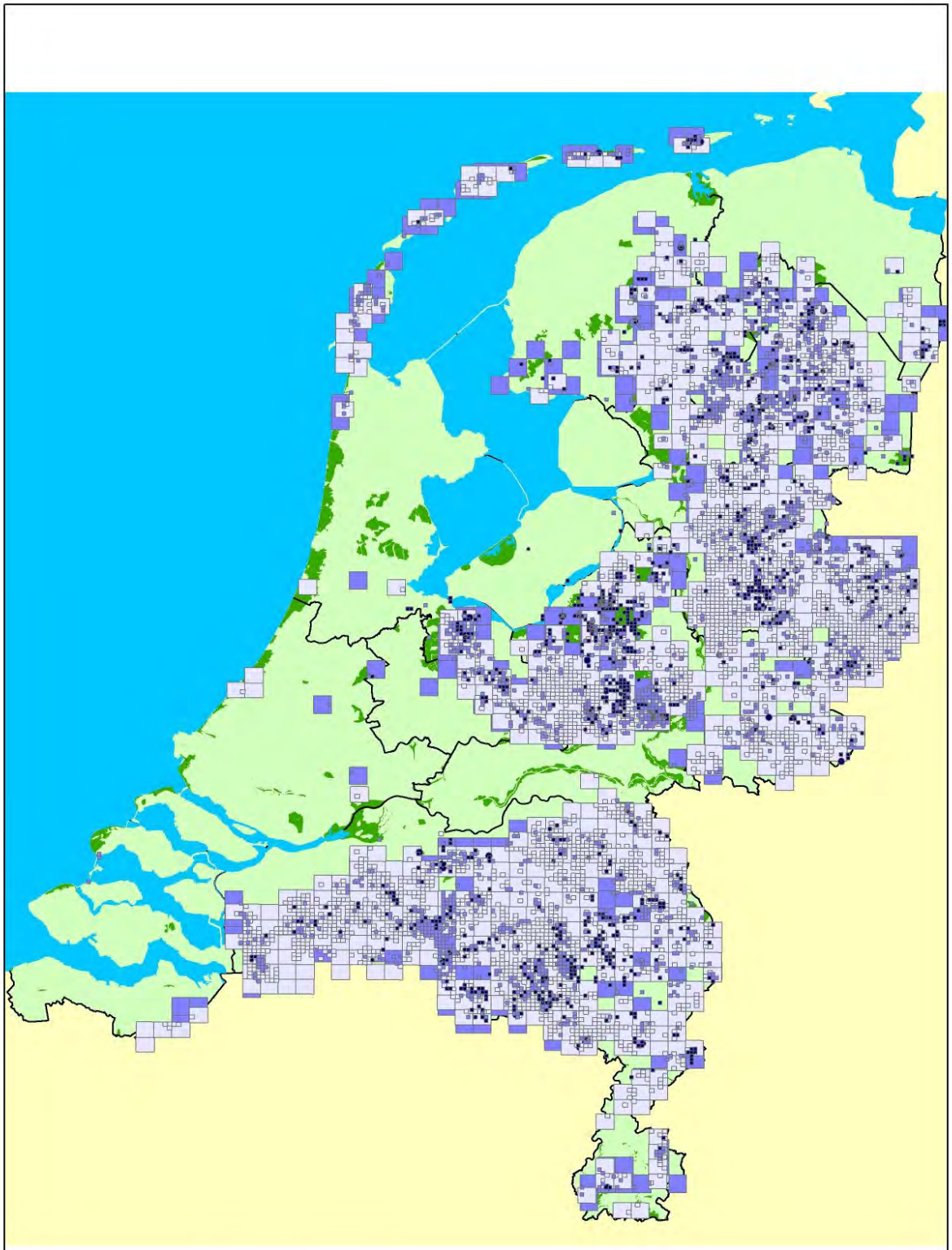
Betonie



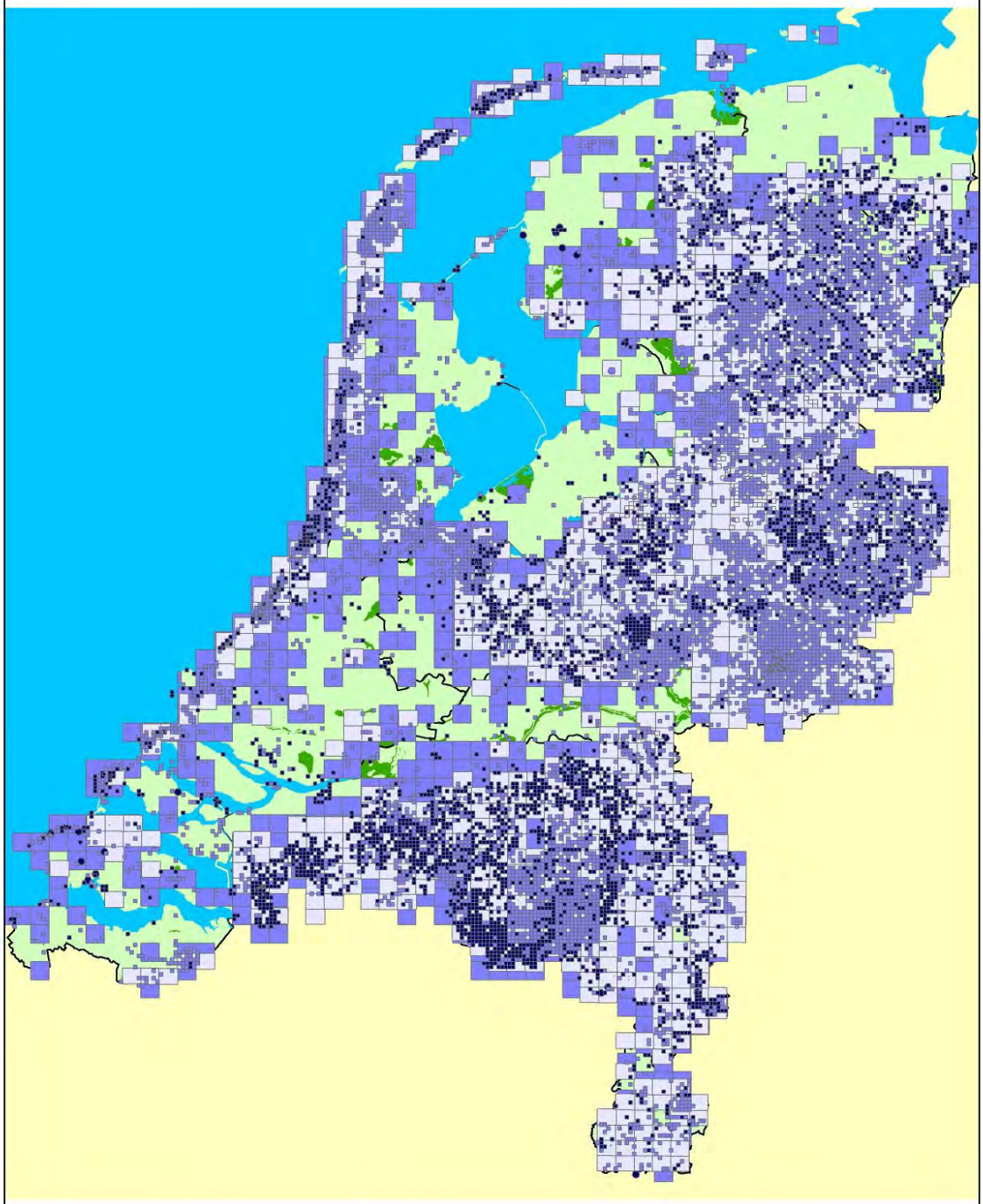
Blauwe knoop



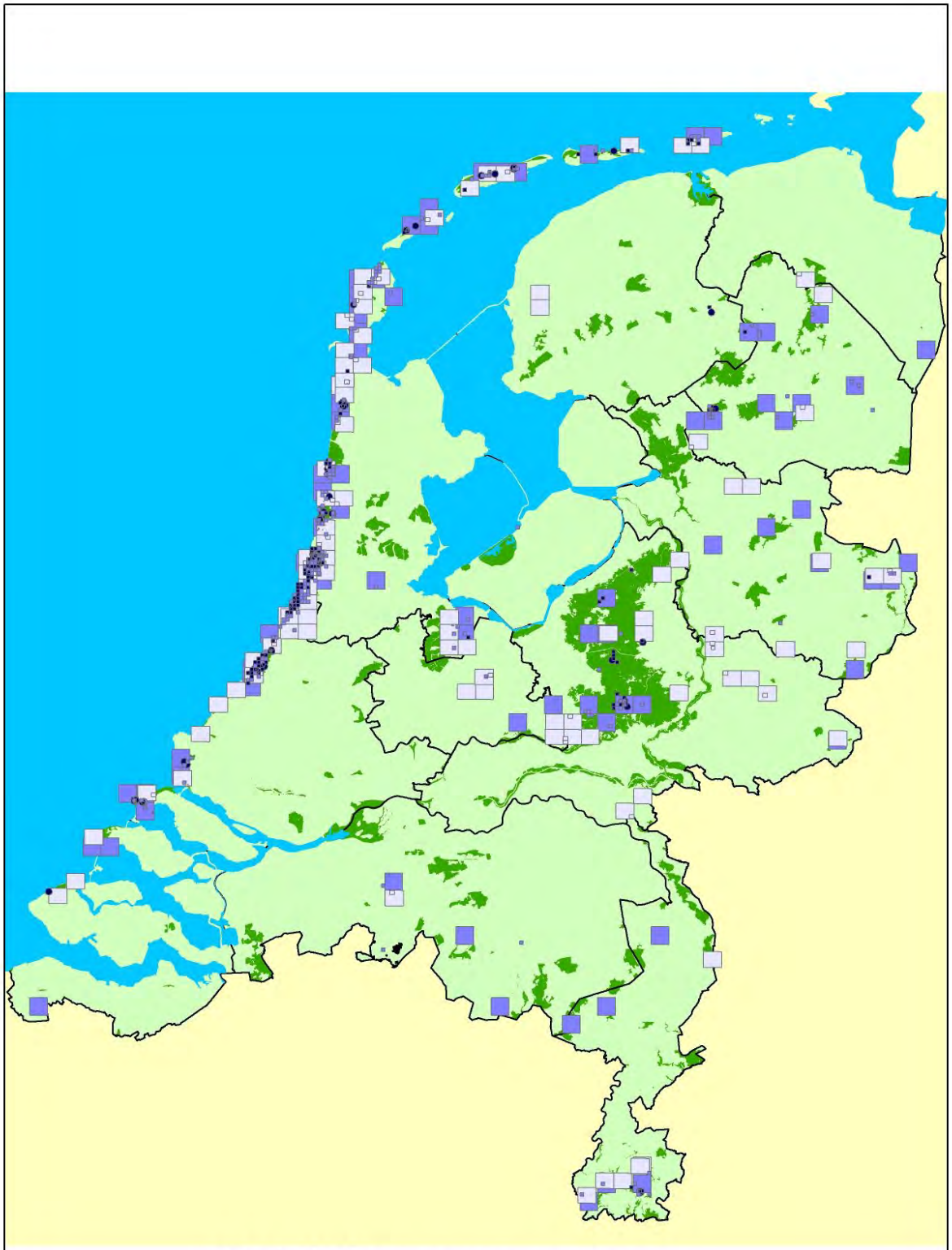
Blauwe zegge



Borstelgras

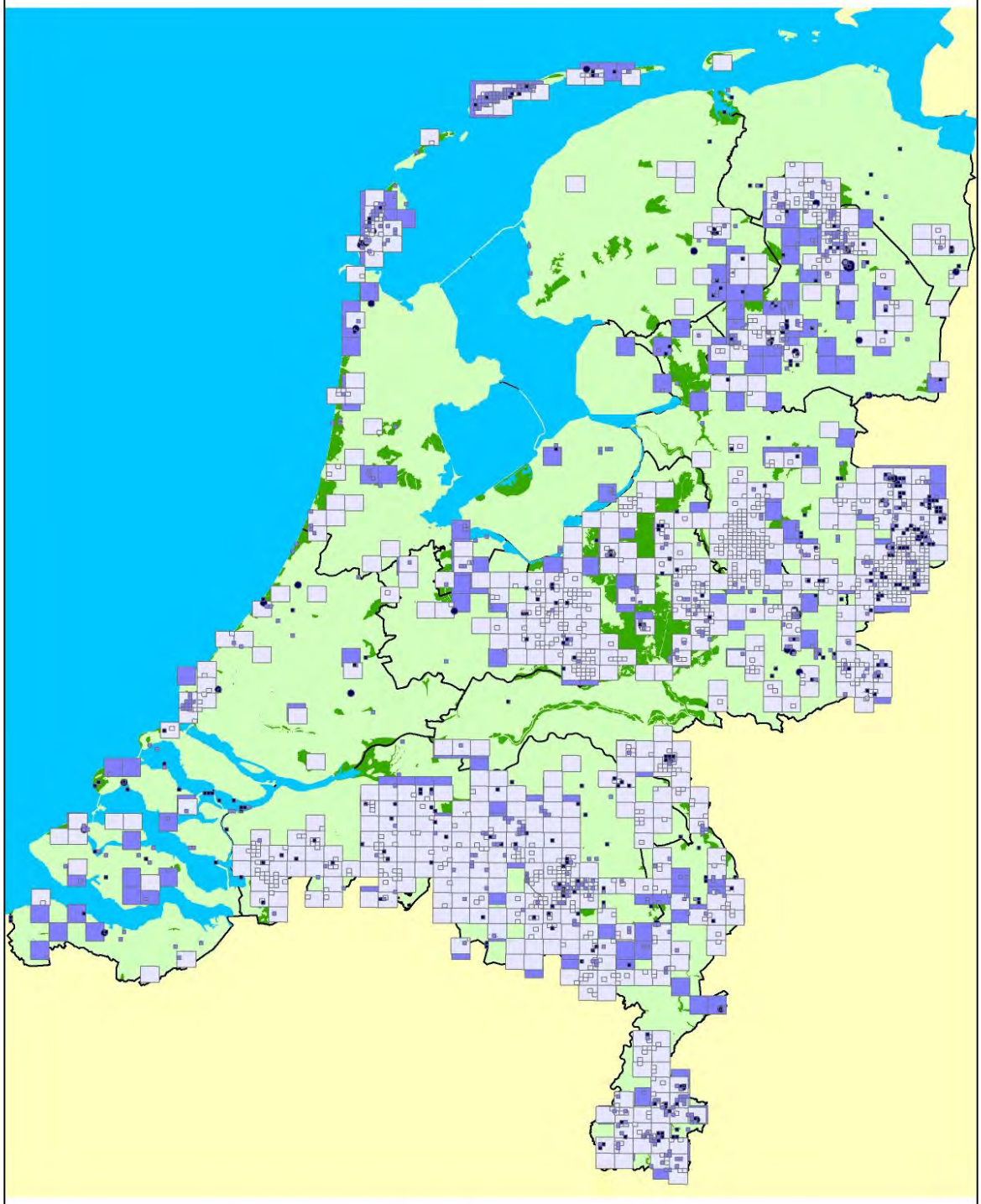


Fijn schapegras



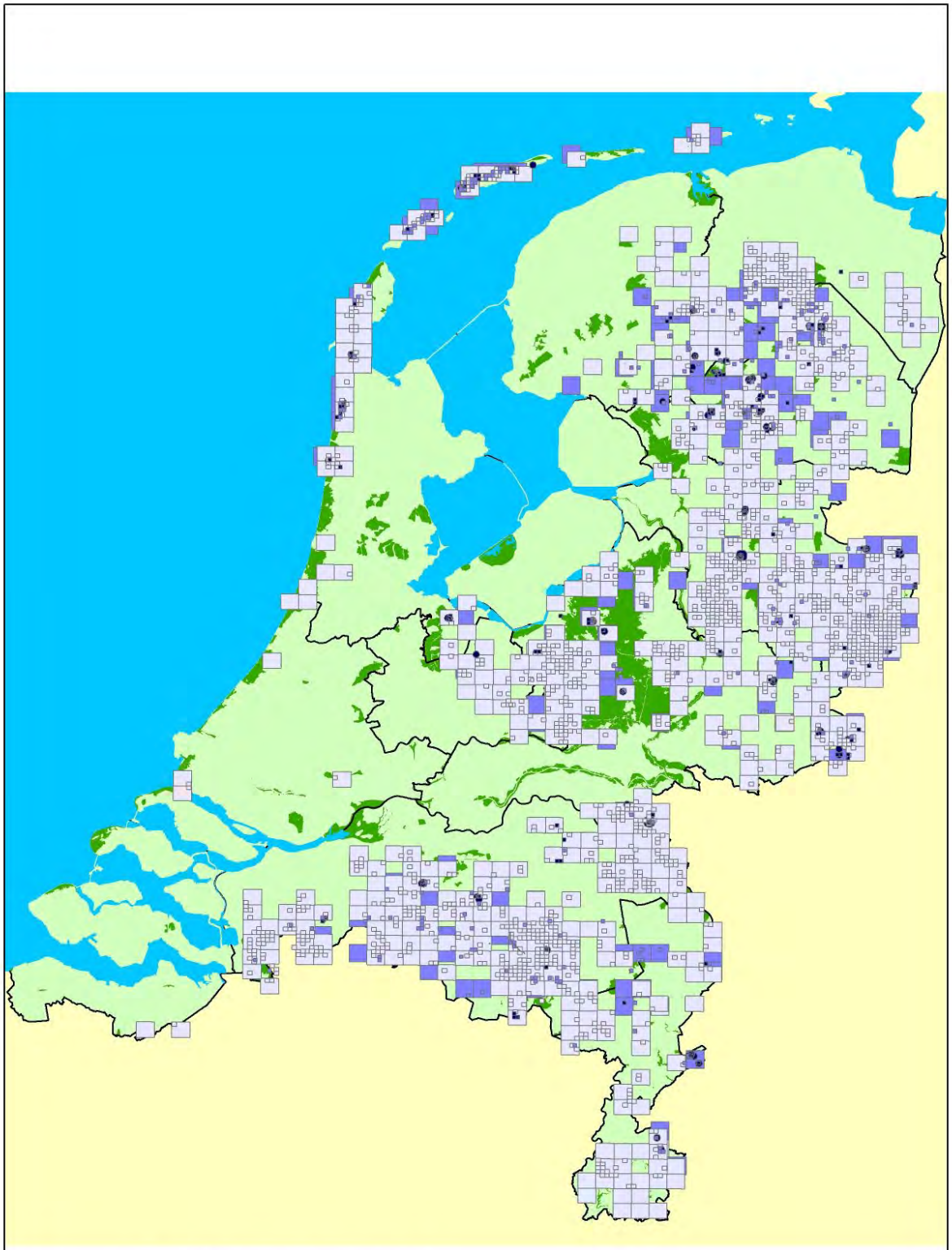
Gelobde maanvaren

Gevinde kortsteel



Gevlekte orchis

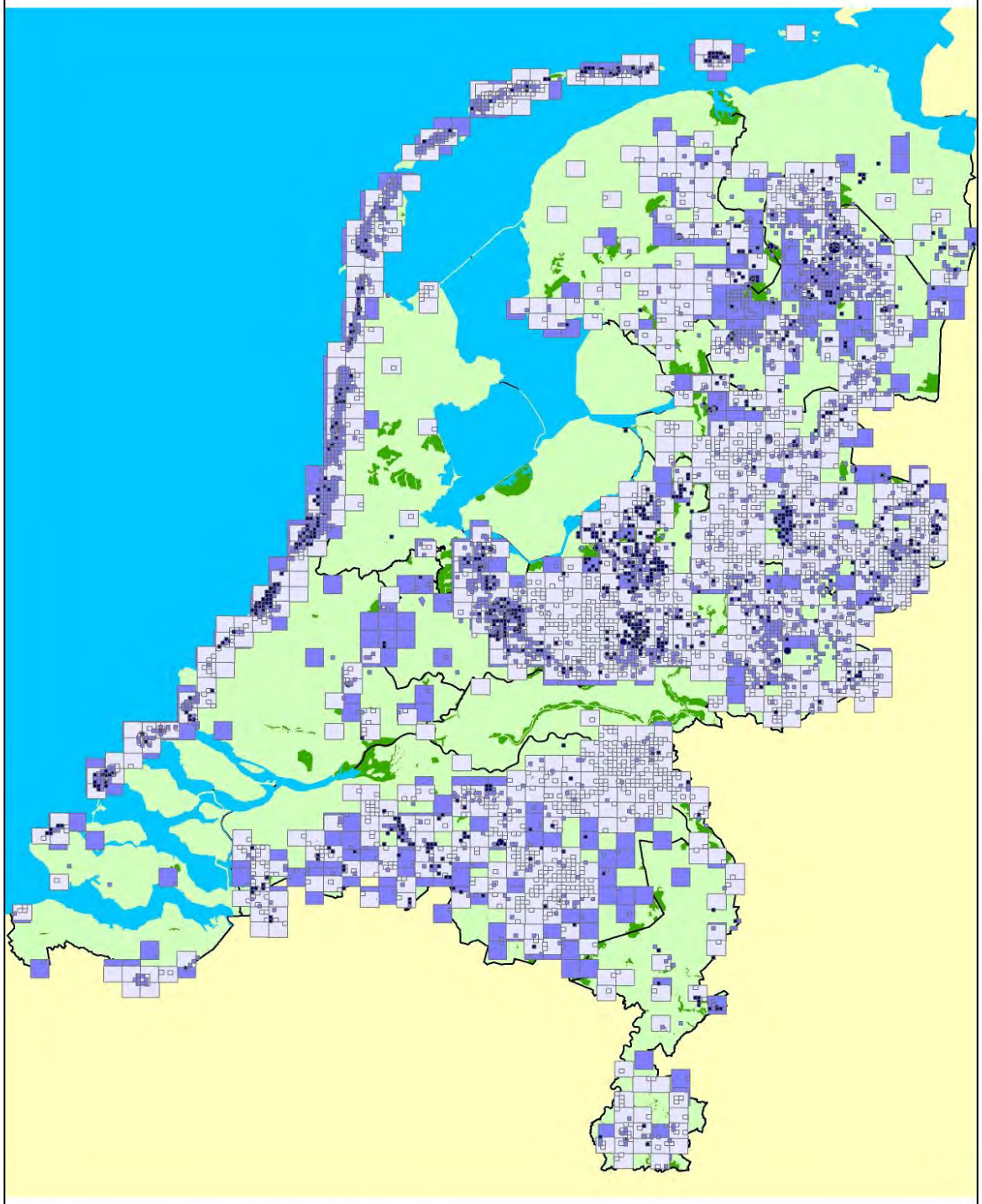
Groene nachtorchis



Heidekartelblad

Heidezegge

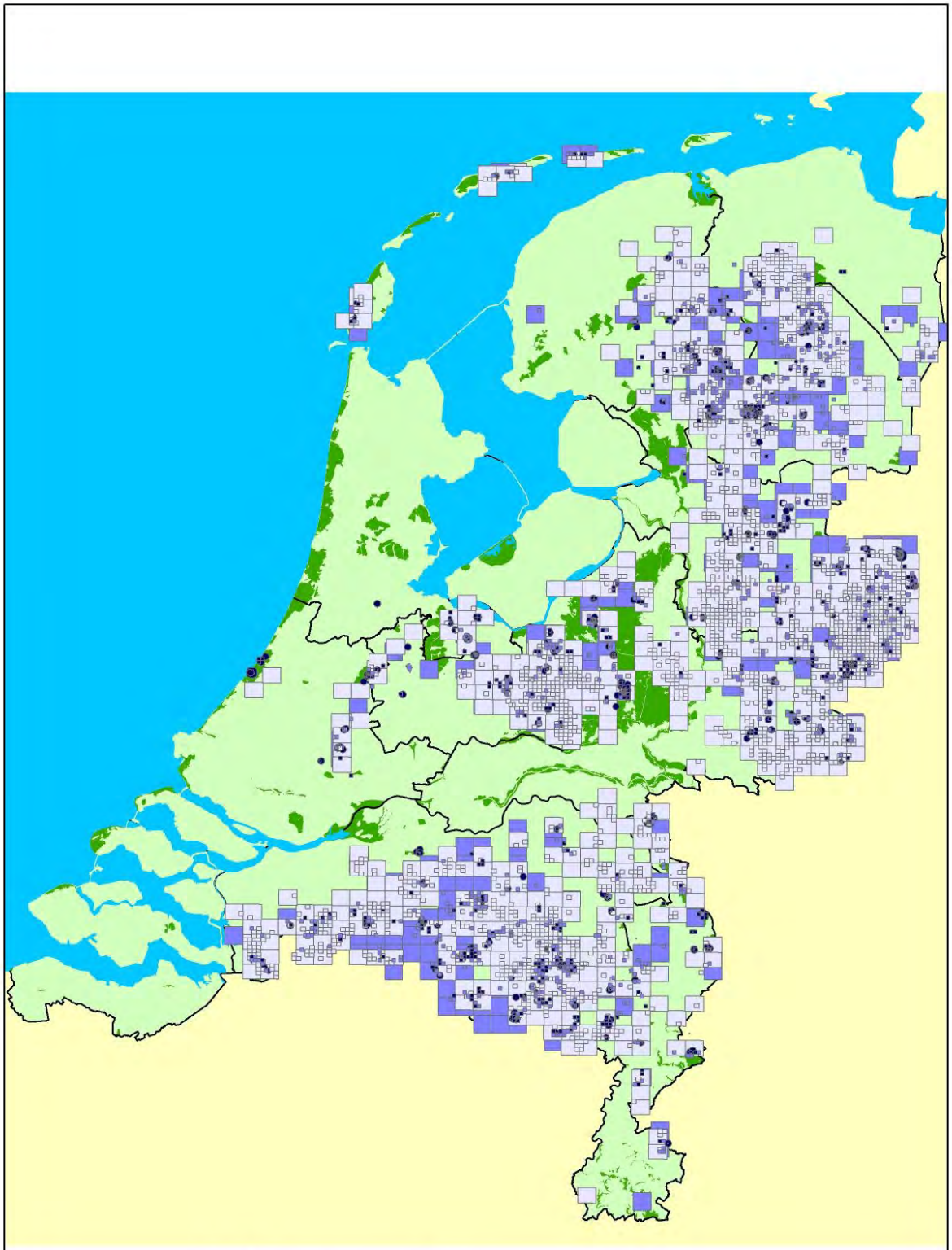
Herfstschroeforchis



Hondsviooltje

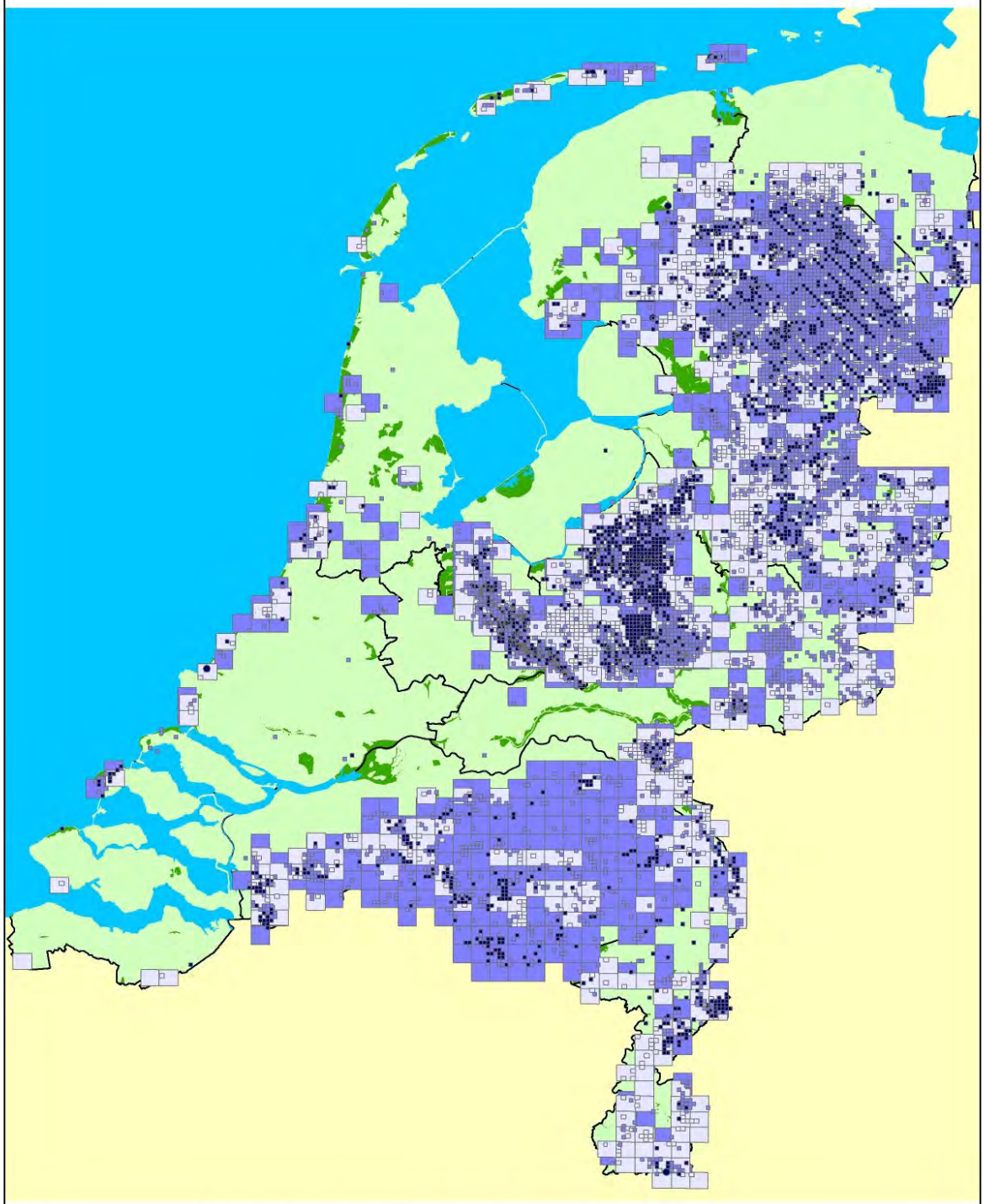
Kleine schorseneer

Kleine tijm

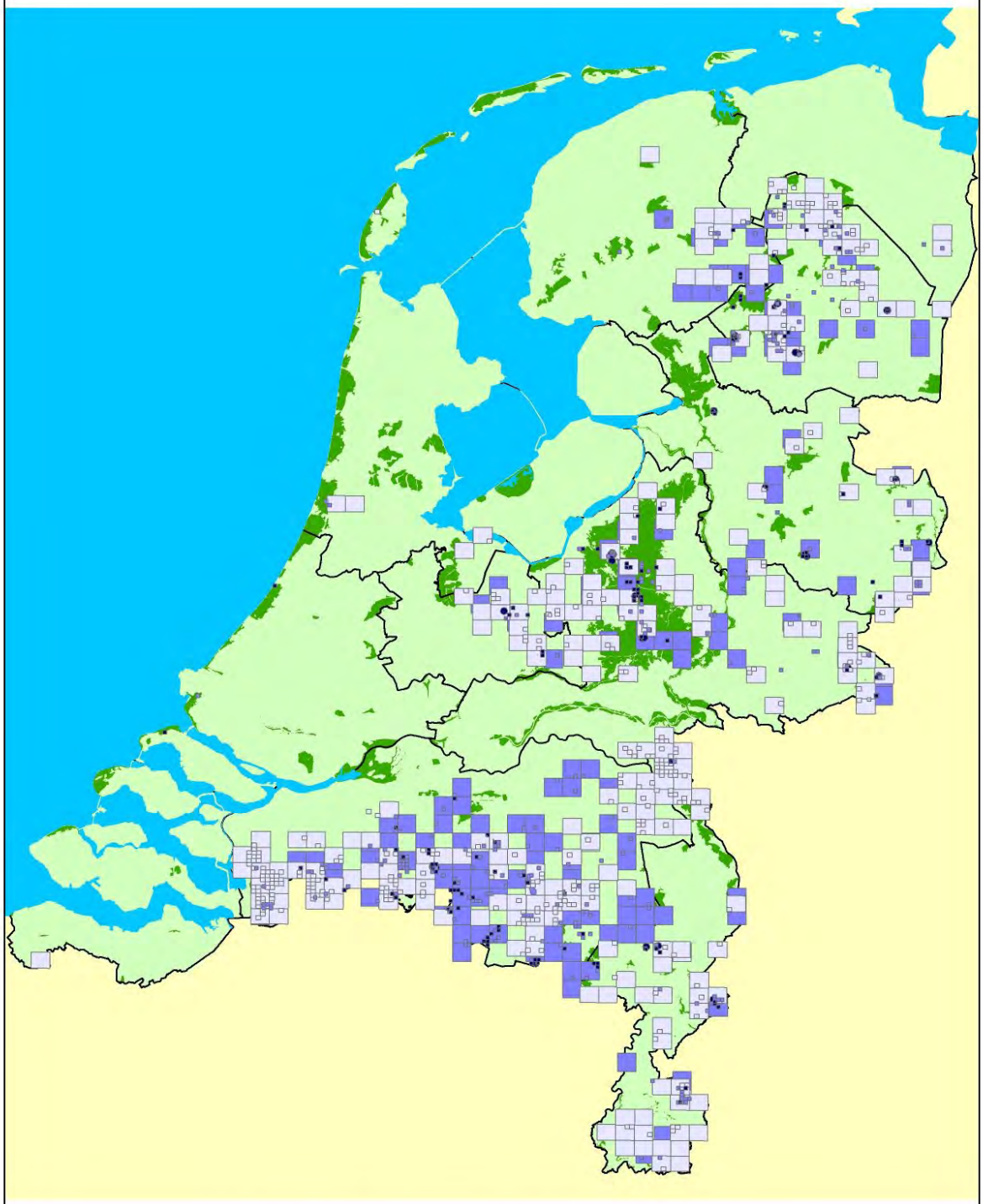


Klokjesgentiaan

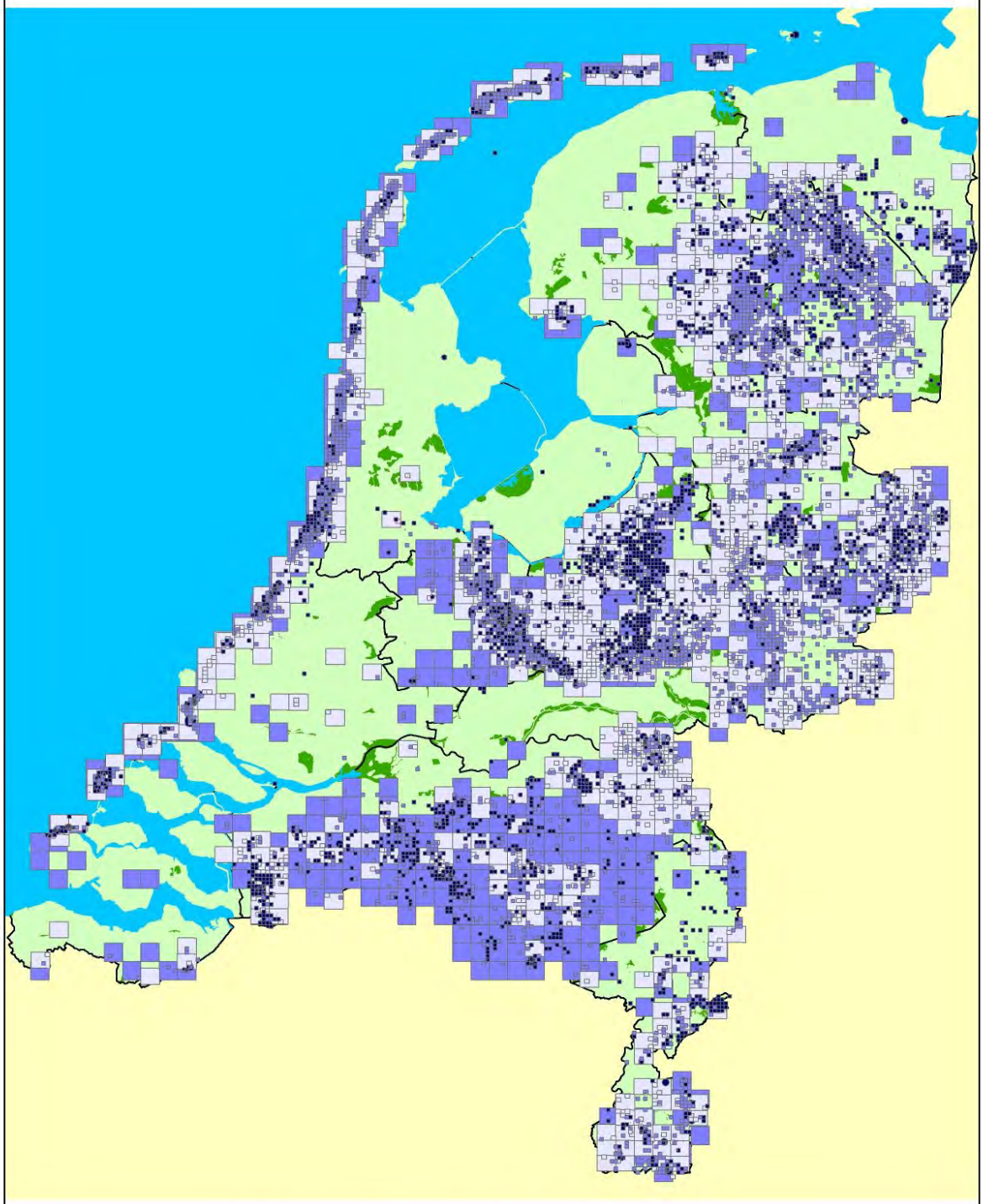
Knollathyrus



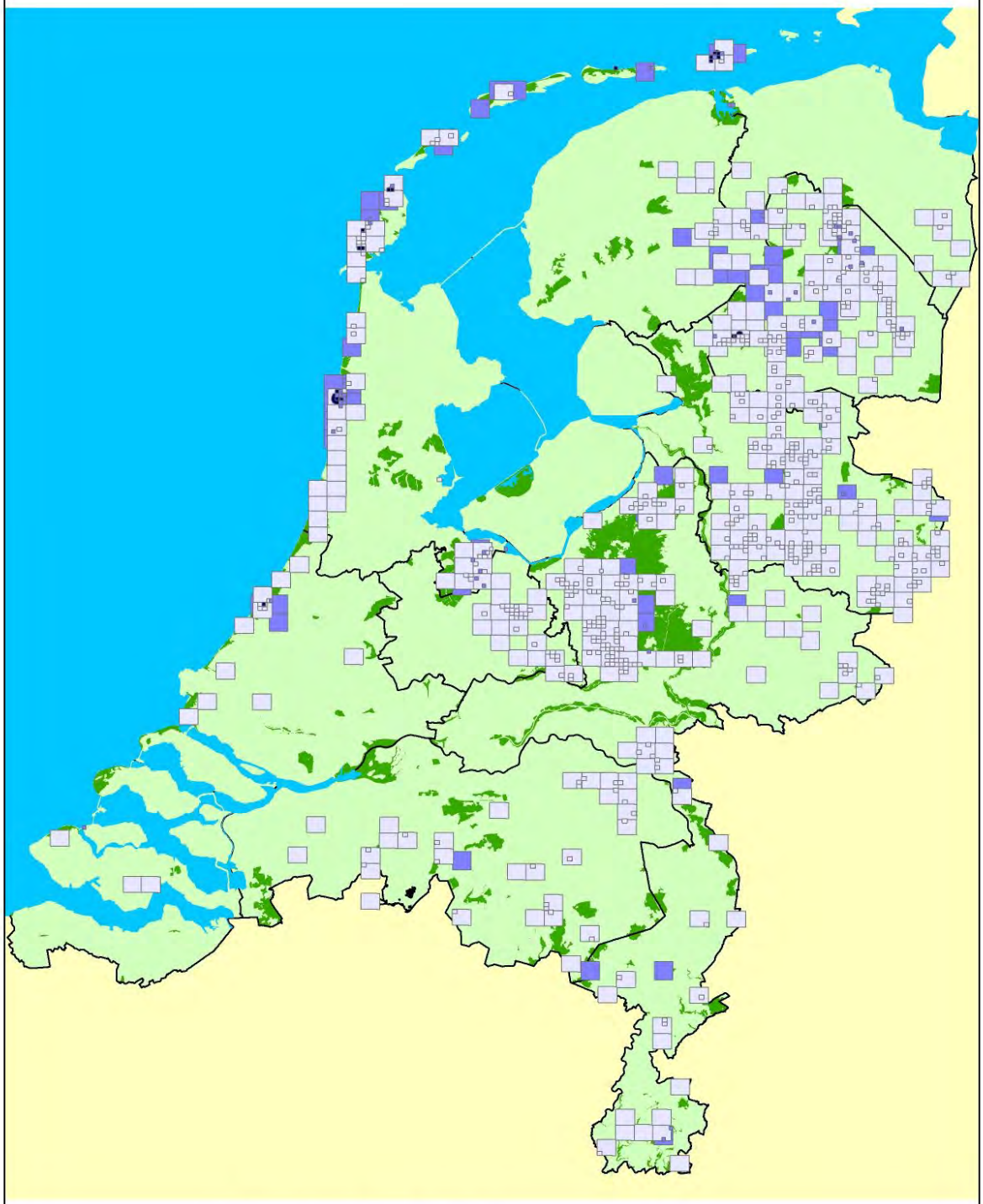
Liggend walstro



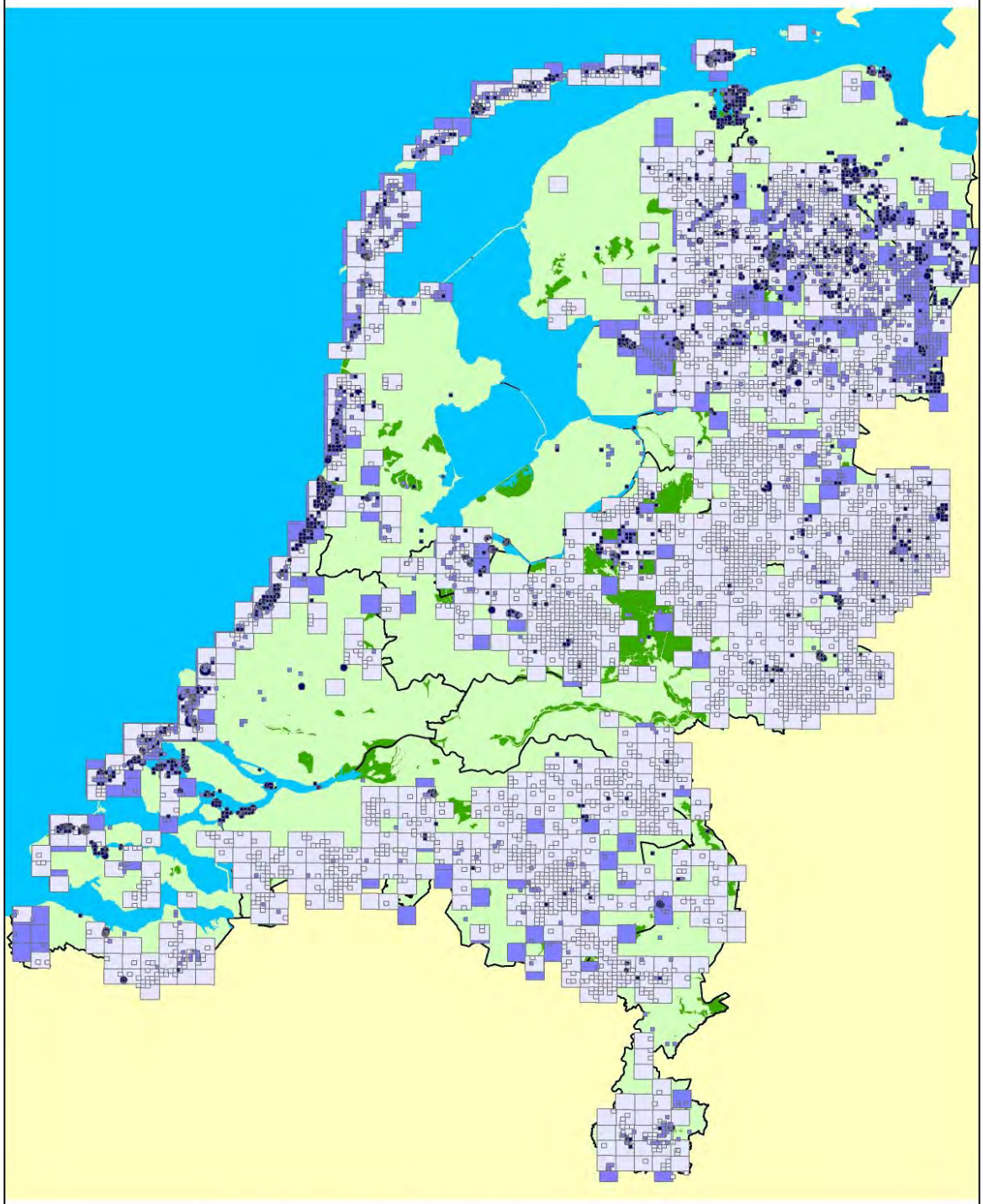
Liggende vleugeltjesbloem



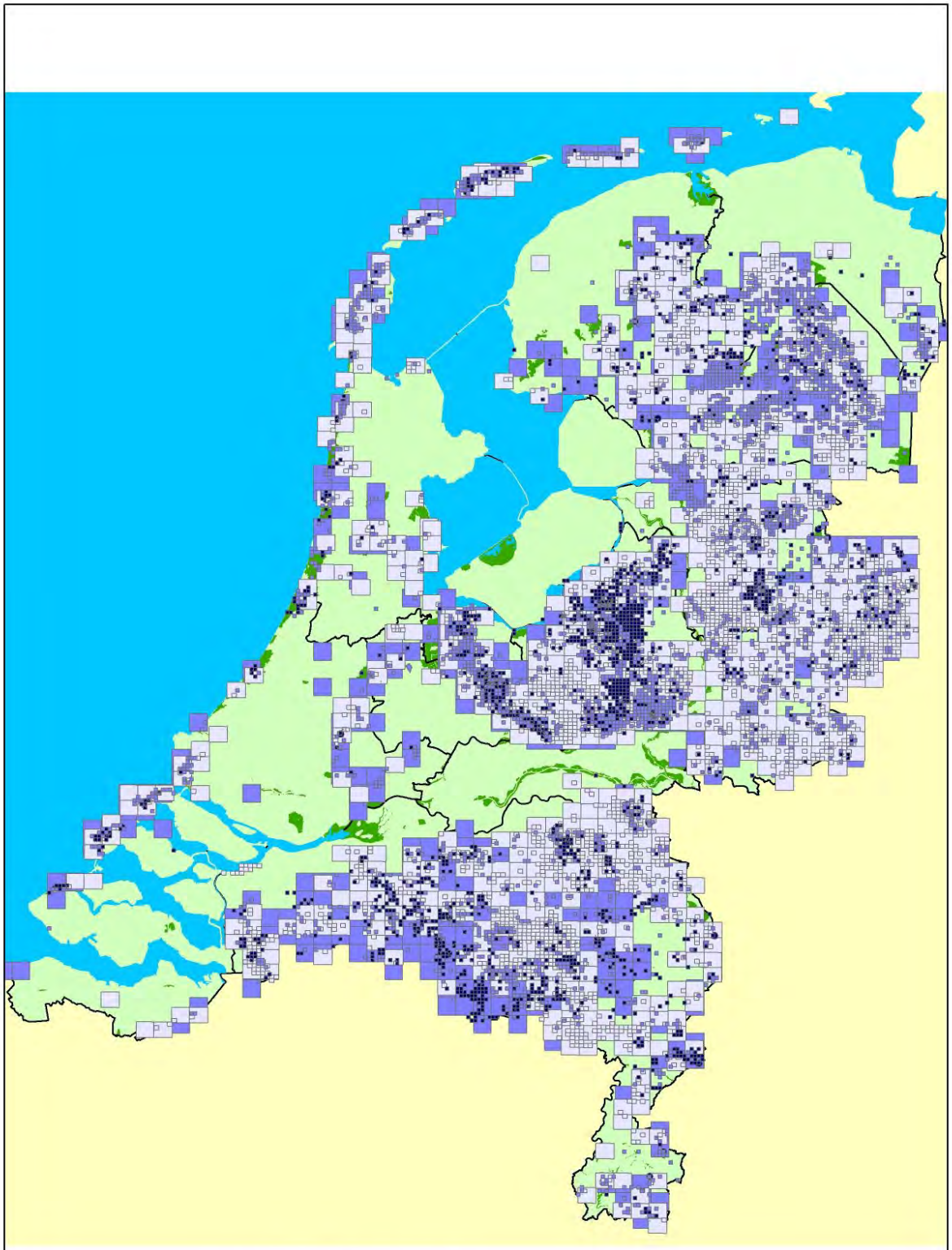
Mannetjesereprjs



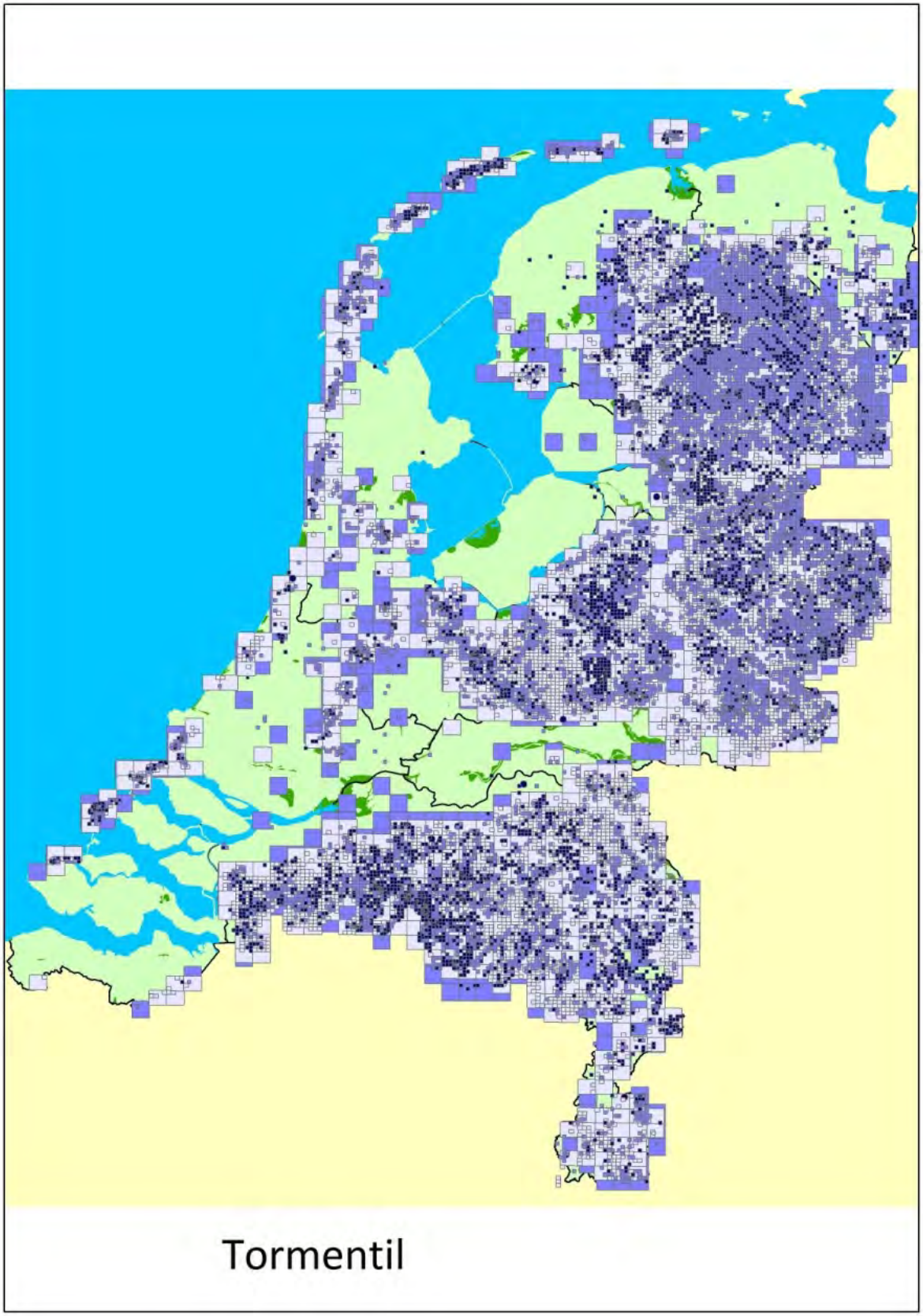
Rozenkransje

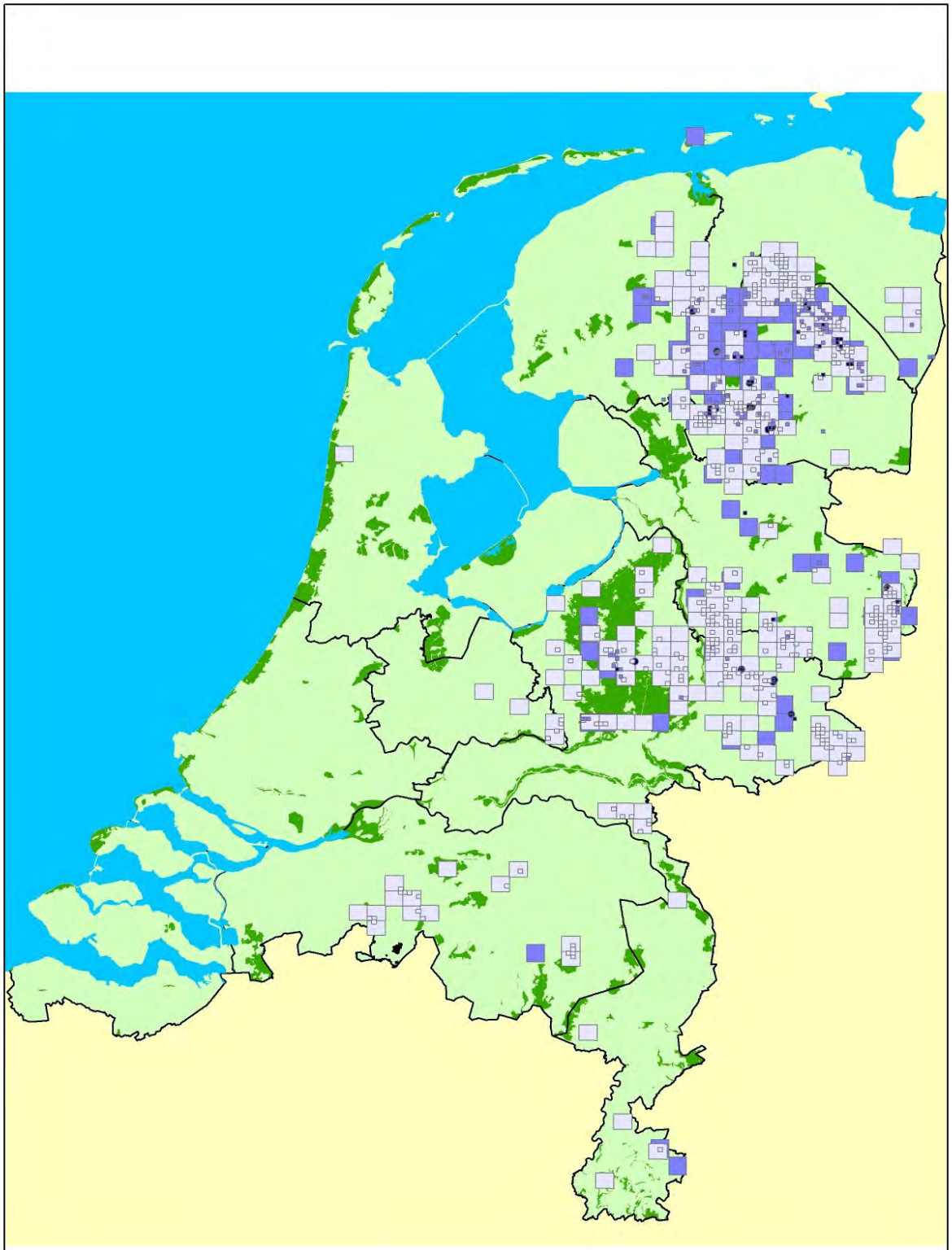


Stijve ogentroost



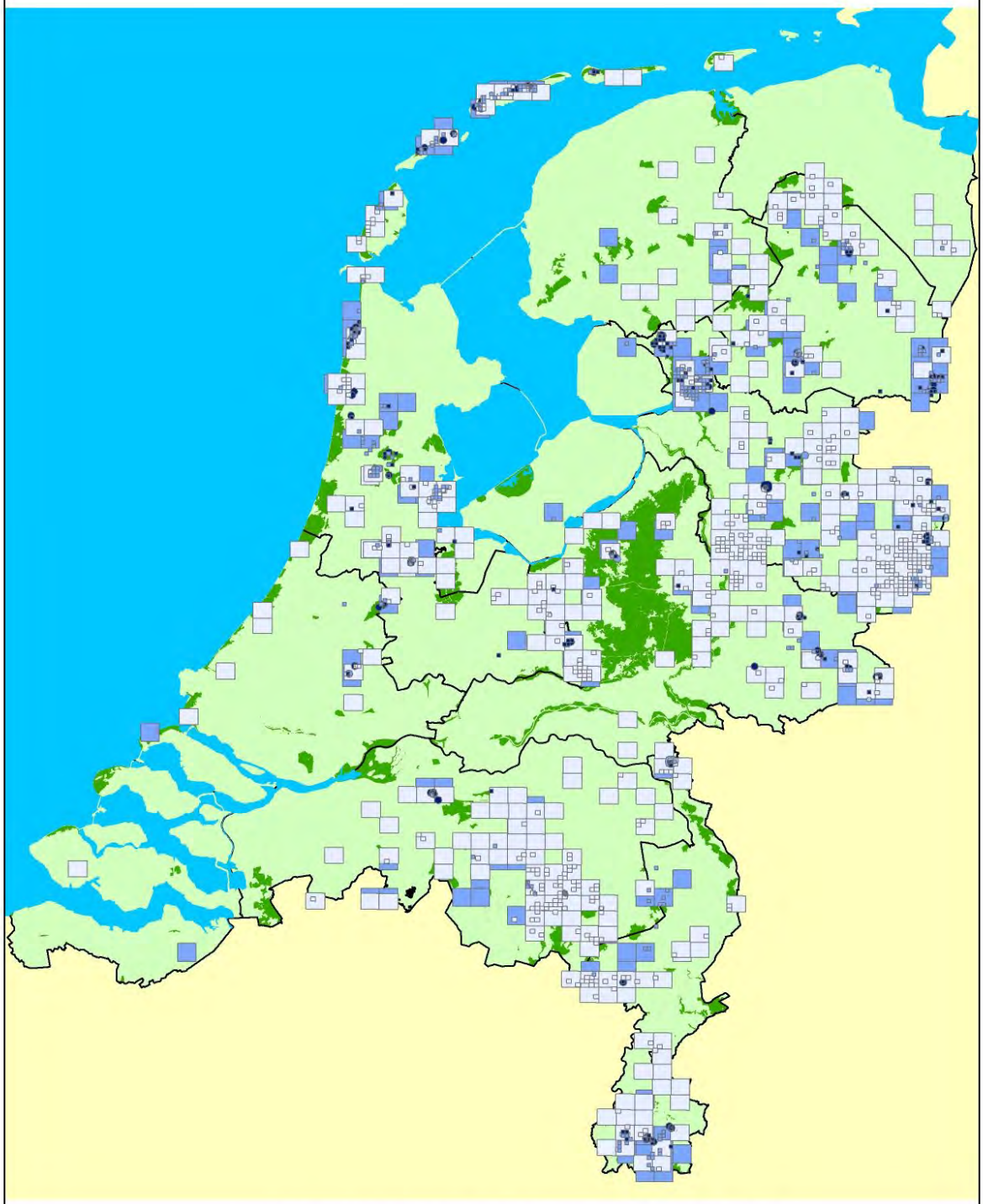
Tandjesgras


Tormentil

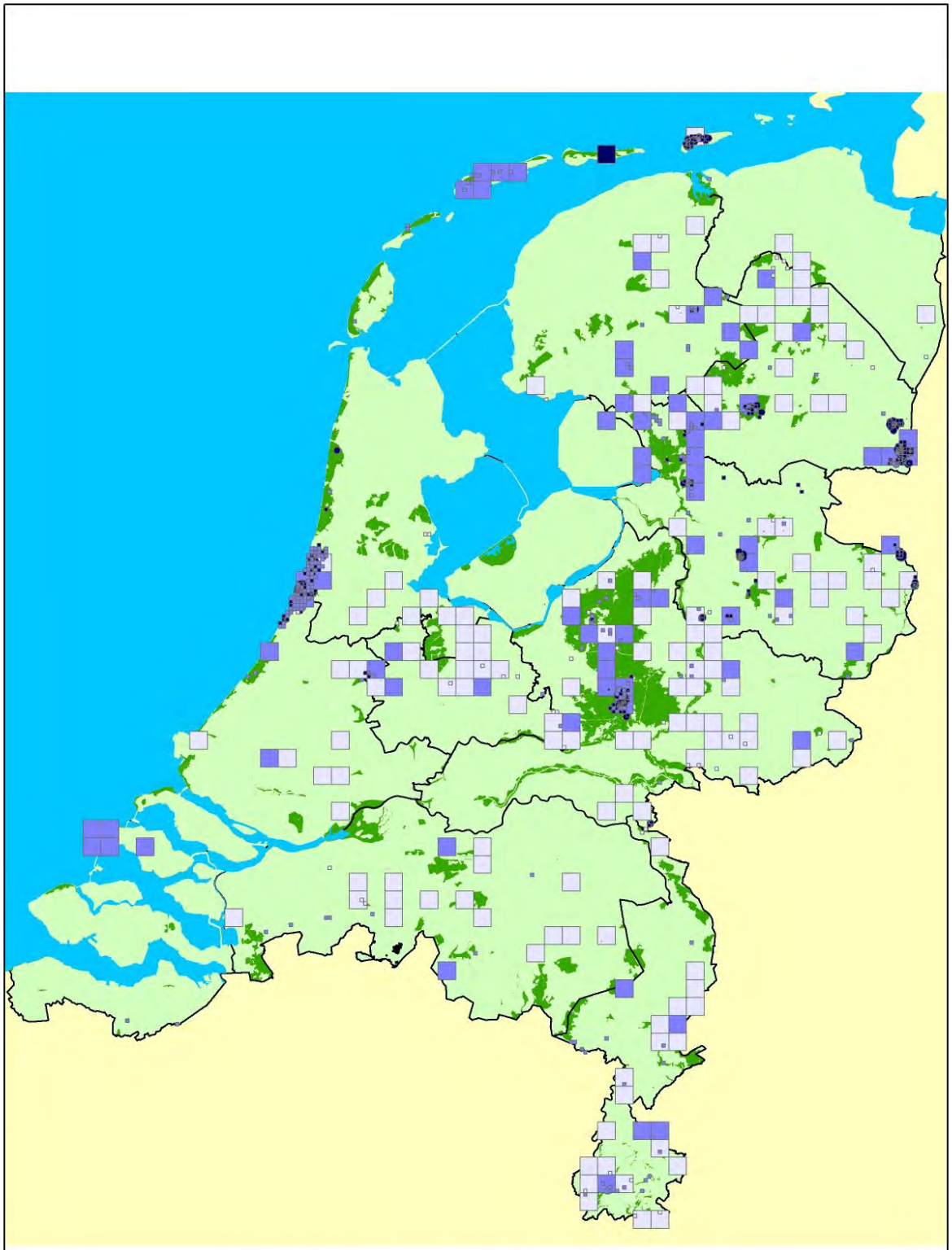


Valkruid

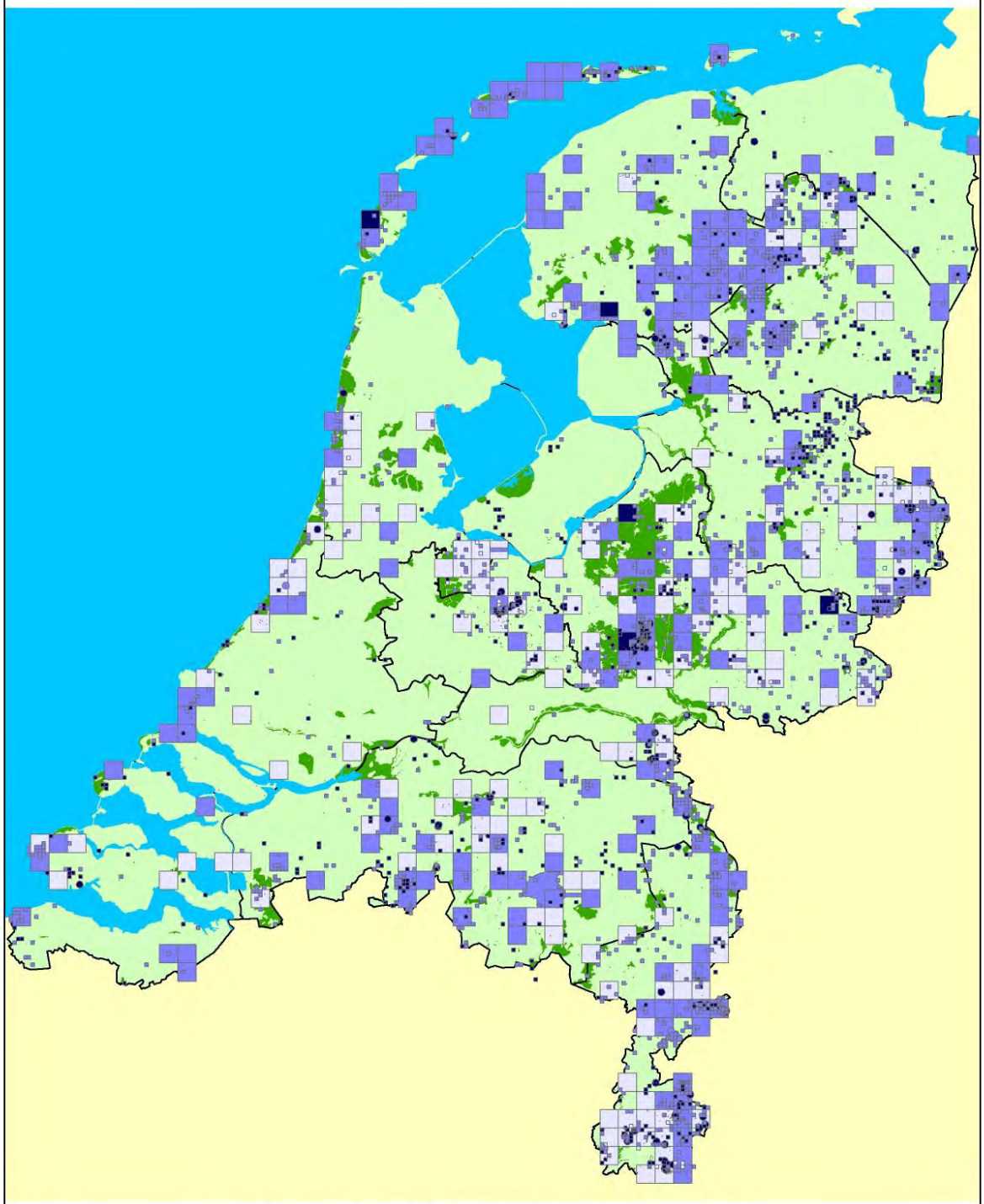
Veldgentiaan



Welriekende nachtorchis



Aardbeivlinder



Geelsprietdikkopje

Tweekleurig hooibeestje

Veldkrekel

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 2812
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore the potential of nature to improve the quality of life

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 2812
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennis-instellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.