

o+bn

## Kennisnetwerk OBN

### Langetermijneffecten van extensieve duinbegrazing in kalkarme kustduinen





# Langetermijneffecten van extensieve duinbegrazing in kalkarme kustduinen

Marijn Nijssen – Stichting Bargerveen  
Loek Kuiters – WUR-WENR  
Nina Smits – WUR-WENR  
Henk Kramer – WUR-WENR  
Jan Kuper – Stichting Bargerveen  
Julian Brouwer – Stichting Bargerveen  
Joost Vogels – Stichting Bargerveen



© 2020 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren  
Rapport nr. 2020/OBN234-DK  
Driebergen, 2020

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van BIJ12, de provincie Fryslân en het Ministerie van Economische Zaken.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave is online gepubliceerd op [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl).

Samenstelling    Marijn Nijssen – Stichting Bargerveen  
                      Loek Kuiters – WUR-WENR  
                      Nina Smits – WUR-WENR  
                      Henk Kramer – WUR-WENR  
                      Jan Kuper – Stichting Bargerveen  
                      Julian Brouwer – Stichting Bargerveen  
                      Joost Vogels – Stichting Bargerveen

Foto voorkant    Vallei van het Veen, Vlieland. Fotograaf: Marijn Nijssen

Productie        Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)  
                      Adres               : Princenhof Park 7, 3972 NG Driebergen  
                      Telefoon           : 0343-745250  
                      E-mail              : info@vbne.nl

# Voorwoord

Het doel van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) is het ontwikkelen, verspreiden en benutten van kennis voor terreinbeheerders over natuurherstel, Natura 2000, PAS, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

Begrazing is een van de meest toegepaste vormen van beheer om verruiging en vergrassing in kustduinen tegen te gaan. Uit eerder OBN-onderzoek is gebleken dat de maatregel vrijwel altijd helpt om een lagere, meer gevarieerde vegetatiestructuur te krijgen, met vaak iets meer open zand en een warmer microklimaat. De effecten op fauna verschillen echter sterk tussen diersoorten en –groepen en hangen af van de graasvorm (veetype, graasdruk en –moment in het seizoen), het aantal jaar dat begrazing al wordt ingezet én het kalkgehalte van de bodem.

De langetermijneffecten van extensieve duinbegrazing in kalkarme kustduinen zijn onderzocht in een experimentele BACI-opzet (Before-After-Control-Impact). Een van de weinige locaties waar een correct BACI-experiment is opgezet om de effecten van extensieve begrazing in kustduinen te volgen, is de Vallei van het Veen op Vlieland. Het experiment is in 1993 opgezet en in 2000, 2010 en 2018 gedeeltelijk herhaald. De analyse richtte zich op de 23 plots die gedurende de gehele onderzoeksperiode intact zijn gebleven. In dit rapport staan de resultaten van de analyse met betrekking tot de samenstelling en structuur van de vegetatie en de samenstelling van de ongewervelde diergemeenschappen. Daarnaast wordt ingegaan op de procesindicatoren voor begrazing en worden er daarvoor aanbevelingen gedaan. Doordat tussen 1993 en 2018 de veebezetting – en daarmee de graasdruk – varieerde, is er een uitspraak te doen over zowel de effecten van langdurige zeer extensieve tot extensieve begrazing (17 jaar) als van de daarop volgende verhoging van de graasdruk (5 jaar) in kalkarme duinen.

Ik wens u veel leesplezier.

Teo Wams

Voorzitter van het OBN Platform en de OBN Adviescommissie

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>Summary</b>	<b>11</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>15</b>
1.1    Achtergrond en probleemstelling	15
1.2    Onderzoeksvragen en aanpak	15
1.3    Leeswijzer	16
<b>2 Proefopzet</b>	<b>17</b>
2.1    Ligging gebied en BACI-opzet	17
2.2    Indeling onderzoekplots	22
2.3    Vegetatieopnamen in permanente kwadraten	23
2.4    Bepaling vegetatiestructuur, bloemaanbod en graasactiviteit	25
2.5    Metingen aan microklimaat en bodemopbouw	25
2.6    Bemonstering en analyse fauna	26
<b>3 Ontwikkelingen van de vegetatie</b>	<b>27</b>
3.1    Uitgangssituatie vegetatie	27
3.2    Aantal soorten	28
3.3    Verandering in voorkomen soorten	29
3.4    Lokale typologie	33
3.5    Multivariate analyses	36
3.6    Grondwaterstanden	40
3.7    Belangrijkste conclusies	42
<b>4 Ontwikkelingen in vegetatiestructuur, microklimaat, bloemaanbod en bodem</b>	<b>45</b>
4.1    Variatie in vegetatiestructuur kruidlaag	45
4.2    Opslag en hoogte struweel	47
4.3    Veranderingen vegetatiestructuur in beeld	50
4.4    Microklimaat	56
4.5    Bloemaanbod	58
4.6    Opbouw en compactie van de bodem	60

<b>5</b>	<b>Ontwikkelingen in diergemeenschappen</b>	<b>63</b>
5.1	Diversiteit fauna in relatie tot begrazing	63
5.2	Facilitatie van konijnen	71
5.3	Conclusie effecten op fauna	75
<b>6</b>	<b>Procesindicatoren voor begrazing</b>	<b>77</b>
6.1	Begrazing als reguliere beheermaatregel of als herstelmaatregel	77
6.2	Monitoring en procesindicatoren	77
6.3	(Extra) begrazen op de Friese Waddeneilanden als herstelmaatregel	79
6.4	Terreinbezoeken Friese Waddeneilanden	86
6.5	Analyse vegetatiestructuur met remote sensing	93
6.6	Methodische conclusies op basis van het BACI-experiment	94
6.7	Aanbevelingen procesindicatoren	96
<b>7</b>	<b>Conclusies</b>	<b>99</b>
7.1	Graasgradiënten bij extensieve en intensievere begrazing	99
7.2	Behalen van beheerdoelen in de Vallei van het Veen	100
7.3	Evaluatie en voortzetting van de BACI-proef	102
7.4	Vertaling naar beheer van Vallei van het Veen	103
<b>8</b>	<b>Literatuur</b>	<b>105</b>
	<b>Bijlagen</b>	<b>107</b>
	BIJLAGE 1. Relatie vegetatietypen-plantenassociaties-habitattypen	107
	BIJLAGE 2. Soortenlijst afzonderlijke meetjaren	108
	BIJLAGE 3. Aantal soorten per plot (GLM)	109
	BIJLAGE 4. TWINSPAN lokale typen	110
	BIJLAGE 5. Veranderingen in vegetatietypen	111





# Samenvatting

De Vallei van het Veen op Vlieland wordt sinds 1993 begraasd met Schotse Hooglanders en Soay schapen. De veebezetting wisselde in de onderzoeksperiode, met een zeer lage bezetting tussen 1993 en 2001 (0,04 GVE/ha/jr). Na bijplaatsen van vee werd tussen 2002-2012 begraasd met  $\pm 0,11$  GVE/ha/jr. Na bijplaatsen van niet gesteriliseerde Soay schapen in 2012 vond er een sterke ongeplande toename van de kudde plaats, met een maximale veebezetting van 0,26 GVE/ha/jr in 2017. Sindsdien worden Soay schapen weggevangen om weer tot een lagere totale veebezetting te komen. Omdat Hooglanders vooral in de natte tot vochtige valleien verblijven en Soay schapen vooral in droge delen grazen, is de veebezetting in droge duinen sterker toegenomen dan in vochtige valleien.

## Opzet BACI-experiment

De effecten van begrazing op vegetatie en fauna worden sinds 1993 bepaald met behulp van een BACI-experiment. Door vergelijking tussen begraasde (Impact) en onbegraasde proefvelden (Control), zowel voorafgaand aan de maatregel (Before) als nadat de maatregel al enige tijd wordt uitgevoerd (After), kan het effect van begrazing worden onderscheiden van de autonome ontwikkelingen (successie van vegetatie, bodemontwikkeling) en begrazings-onafhankelijke verschillen tussen jaren, zoals wisselende weersomstandigheden.

Er is in 1993 gestart met 10 begraasde en 10 onbegraasde plots in het stratum 'vergraste vochtige duinvalleien' en 4 begraasde en 4 onbegraasde plots in het stratum 'intacte vochtige duinheide'. Vegetatiekundig behoren de meeste plots tot de vochtige of droge variant van Duinheiden met Kraaiheide (H2140A/B; 50 PQ's) en enkele plots tot Grijze kalkarme duinen (H2130B; 6 PQ's). In de loop der tijd zijn 5 plots verloren gegaan bij grootschalige beheermaatregelen. De huidige analyse richt zich op de 23 plots die gedurende de gehele onderzoeksperiode intact zijn gebleven. In deze 23 plots zijn in 1993, 2000/2001, 2010 en 2017/2018 gegevens verzameld over de samenstelling en structuur van de vegetatie en de samenstelling van de ongewervelde diergemeenschappen.

## Veranderingen in de vegetatie

Onder invloed van begrazing ontwikkelde de vegetatie in een deel van de plots in 'vergraste vochtige duinvalleien' zich naar vochtige duinheide en een deel naar droger duingrasland, terwijl de vegetatie in de exclusures alsook in begraasde plots in 'intacte vochtige duinheide' niet van type veranderde. Begrazing heeft in de vergraste valleien een positief effect op het aantal plantensoorten. Deze toename betreft voornamelijk smalbladige grasachtigen en kruiden. Waarschijnlijk als gevolg van de hogere veebezetting nam na 2010 de soortenrijkdom in begraasde plots weer af, maar deze bleef wel hoger dan in exclusures. In vochtige duinheide bleef het aantal plantensoorten gelijk onder begrazing, maar was er een afname te zien in de onbegraasde plots. Verruigende grassen als Duinriet en Zandzegge nemen in de droge delen niet af in bedekking, maar hebben door de lager afgegraste vegetatiestructuur een minder dominant karakter. In intacte vochtige heide nemen deze soorten juist licht toe bij begrazing, terwijl ze in exclusures gelijk blijven in abundantie. Opslag van bomen en struiken, vooral Amerikaanse vogelkers, neemt toe in exclusures maar neemt sterk af onder invloed van begrazing. Na 25 jaar begrazing heeft zich in het gebied een open duinlandschap ontwikkeld.

## Vegetatiestructuur, microklimaat, bodem en bloemaanbod

Begrazing heeft een sterk effect op de (variatie in) vegetatiestructuur en boomopslag, vooral nadat de veebezetting is toegenomen. De vegetatiehoogte van de kruidlaag bleef in begraasde valleien en in duinheide tussen 1993-2000 gelijk, maar zowel de gemiddelde hoogte als de variatie nam sterk af toen de veebezetting werd opgevoerd.

In onbegraasde plots nam de vegetatiehoogte in deze periode juist toe. Tussen 2010 en 2018 is de structuur van houtige opslag ook sterk veranderd: kleine boompjes (<50cm) zijn vrijwel volledig verdwenen in begraasde plots, terwijl deze in onbegraasde plots nog aanwezig zijn. In begraasde valleien is de opslag van bomen in andere hoogteklassen vrijwel verdwenen en in begraasde duinheide is dit gelijk gebleven of in de hoogste klasse (>200cm) toegenomen. In onbegraasde plots nam de boomopslag in alle categorieën licht toe.

Het microklimaat is in begraasde plots in vergraste duinvalleien gemiddeld warmer en gevarieerder dan in onbegraasde naastgelegen plots. In intacte duinheide is er vrijwel geen verschil in microklimaat tussen begraasde en onbegraasde plots, waarschijnlijk door de meer gesloten bedekking van de heidevegetatie. In duinheide is in begraasde plots zowel het aantal soorten bloeiende kruiden als het aantal bloemen van kruidachtigen hoger dan in onbegraasde plots. In duinvalleien is eenzelfde trend te zien, maar met grote verschillen tussen plots. In duinheide noch in duinvalleien is sprake van een verschil in bodemopbouw als gevolg van begrazing. Zowel in duinheide als in valleien is de dichtheid van de bodem echter toegenomen met begrazing.

### **Effecten op ongewervelde dieren**

De begrazing in de Vallei van het Veen heeft een negatief effect op de dichtheid aan minder mobiele ongewervelden in de strooisellaag, zoals pissebedden en springstaarten. De begrazing resulteert niet in gemiddeld grotere of juist kleinere ongewervelden. Voor mobiele diergroepen als loopkevers en spinnen werd geen verschil in dichtheid tussen begraasd en onbegraasde plots gevonden, en zowel het aantal soorten als de diversiteit van hun levensgemeenschappen verschilt binnen onderzoekjaren nauwelijks tussen begraasde en onbegraasde plots. Tussen jaren treden er wel grote verschillen op, met voor spinnen en loopkevers de hoogste soortantallen en diversiteit in respectievelijk 2001 en 2010 (na 8 tot 17 jaar extensieve begrazing), maar een afname in 2018. Zowel de zeer droge en warme zomer van 2018 als toename in veebezetting kunnen de oorzaak zijn voor dit patronen kunnen elkaar ook hebben versterkt. Dit zou betekenen dat oppervlaktes van de exclusures (40x40 meter) in verhouding tot het begraasde gebied te klein zijn om in deze omstandigheden als onbegraasde refugium te dienen.

Uit eerder onderzoek bleek dat Konijnen gefaciliteerd worden door begrazing. Ook nu is er meer konijnen activiteit in begraasde delen vastgesteld dan in exclusures, maar de dichtheden in de Vallei van het Veen zijn nog steeds erg laag, waarschijnlijk als gevolg van de ziektes myxomatose en RHD.

### **Conclusies extensieve begrazing in duinheide**

De extensieve begrazing zoals toegepast tot en met 2010 in de Vallei van het Veen leidde tot het behalen van verschillende doelstellingen: vergrassing en verstruweling en boomopslag werd teruggedrongen, de vegetatiehoogte werd gemiddeld lager en gevarieerder en de diversiteit in plantensoorten en van loopkeversoorten nam toe. De daarna optredende afname van diversiteit aan planten- en loopkeversoorten kan veroorzaakt zijn door de interferentie van het zeer warme en droge zomerweer in 2018 en de toename van de veebezetting.

Aangeraden wordt om de samenstelling van het vee terug te brengen naar de situatie tussen 2001 en 2010 ( $\pm 20$  runderen en  $\pm 80$  Soay schapen) of een lagere veebezetting om ook in droge, warme zomers met weinig biomassagroei onbegraasde of weinig begraasde terreindelen te behouden. Omdat het een langlopend, goed opgezet onderzoek betreft, is het zeer waardevol om de huidige BACI-onderzoekplots (begraasde plots, exclusures en de onbegraasde plot in de Cranberryvallei) in stand te houden. Exclusures zijn voor wetenschappelijk onderzoek naar de effecten van begrazing op biodiversiteit zeer waardevol. Voor monitoring van de effectiviteit van begrazing in het kader van beleidsdoelen is het niet nodig om nieuwe exclusures aan te leggen. Met behulp van een set aan procesindicatoren kunnen de effecten van begrazing op planten en dieren voor het beleid goed in beeld worden gebracht.

# Summary

The dunes of nature area 'Vallei van het Veen' on the island of Vlieland (The Netherlands) are grazed with Highland cattle and Soay sheep since 1993. Cattle density changed over the years from very extensive in 1993-2001 (0.04 Livestock Unit/hectare/year), extensive in 2002-2012 (0.11 LSU/ha/yr) and increased during 2012-2017 to intensive (0,26 LSU/ha/yr) when the Soay sheep population expanded. Since 2017 sheep are removed to restore a low cattle density. Since Highland cattle prefer wet to moist dune valleys and Soay sheep prefer dry dunes, grazing pressure has increased more in dry dune areas compared to valleys.

## Grazing experiment with BACI-design

The effects of grazing on vegetation and fauna have been determined since 1993 using a BACI experiment. By comparing grazed (Impact) and ungrazed plots (Control), both before the measure (Before) and after the measure has been implemented for some time (After), the effect of grazing can be distinguished from the autonomous developments (succession of vegetation, soil development) and grazing-independent differences between years, such as changing weather conditions.

In 1993 the experiment started with 10 grazed and 10 ungrazed plots in encroached moist dune valleys and 4 grazed and 4 ungrazed plots in intact moist dune heathland. Most plots belong to the "decalcified fixed dunes with *Empetrum nigrum*" (dune heathland / H2140A and B; 50 PQ's) and a few plots to "fixed coastal dunes with herbaceous vegetation" (grey dunes / H2130B; 6 PQ's). Over time, 5 plots were lost in large-scale management measures. This report focuses on the 23 plots that have remained intact throughout the study period. In these 23 plots, data were collected in 1993, 2000/2001, 2010 and 2017/2018 on the composition and structure of the vegetation and the composition of the invertebrate animal communities.

## Changes in vegetation

Under the influence of grazing, the vegetation in some of the plots in 'encroached moist dune valleys' developed into moist dune heathland and a part into dune grassland, while none of these effects were observed within exclosures nor in grazed 'intact moist dune heathland'. Grazing has a positive effect on the number of plant species in encroached valleys. This increase mainly concerns narrow-leaved grasses and herbs. Probably as a result of the increased stocking density, plant species richness decreased in grazed plots after 2010 though it remained high compared with exclosures. In moist dune heathland, the number of plant species remained the same under grazing, but a decrease was observed in ungrazed plots. Encroaching grasses such as *Calamagrostis epigejos* and *Carex arenaria* did not decrease in cover, but have a less dominant character due to the lower vegetation structure. In intact moist heathland, grass species increase slightly when grazing, while in exclosures they remain the same in abundance. Occurrence of trees and shrubs, especially *Prunus serotina*, increases in exclosures but almost disappeared under the influence of grazing. After 25 years of grazing, an open dune landscape has developed in the area.

## Vegetation structure, microclimate, soil and plant flowering

Grazing has a strong effect on vegetation structure and abundance of trees and shrubs, especially after the stocking density increased. The vegetation height of the herb layer remained the same in encroached valleys and intact dune heath between 1993-2000, but both average height as well as variation decreased sharply when the stocking density was increased. In ungrazed plots, the height of the vegetation increased during this period. Between 2010 and 2018 small trees (<50cm) have almost completely disappeared in grazed plots, while these are still present in ungrazed plots.

In encroached valleys, trees in other height classes have practically disappeared, while in dune heathland trees remained or increased slightly in class > 200cm. In ungrazed plots, tree abundance increased slightly in all height classes.

The microclimate in grazed plots in encroached dune valleys is on average warmer and more varied compared with ungrazed adjacent plots. In intact dune heathland, there is virtually no difference in microclimate between grazed and ungrazed plots, probably due to the more closed cover of the heather vegetation. In dune heathland, the number of flowering herbs and the total number of flowers in grazed plots is high compared with ungrazed plots. The same trend can be seen in dune valleys, but with large differences between plots. Neither dune heathland nor valleys show a difference in soil structure as a result of grazing, but the density of the soil has increased with grazing in both vegetation types.

### **Effects on fauna communities**

Grazing management in the 'Vallei van het Veen' has a negative effect on the density of less mobile invertebrates in the litter layer, such as woodlice (Isopoda) and springtails (Collembola). Grazing does not result in a smaller or larger mean size of invertebrates. No difference in density between grazed and ungrazed plots was found for mobile animal groups such as carabid beetles and spiders, and both the number of species and the diversity of their communities differ little between grazed and ungrazed plots within research years. However, major differences are observed between years, with the highest species numbers and diversity for spiders and ground beetles in 2001 and 2010 respectively (after 8 to 17 years of extensive grazing), but a decrease in 2018. Both the very dry and warm summer of 2018 and increases in stocking rates may be the cause of these patterns, and may have strengthened each other. This would mean that size of the exclosures (40x40 meters) in relation to the total grazed area is too small to serve as an ungrazed refugium in these harsh conditions. More rabbit activity has been observed in grazed areas compared with exclosures, but rabbit densities in the area are still very low, probably due to the diseases myxomatosis and RHD.

### **Conclusions**

Extensive grazing as applied up to 2010 in the Vallei van het Veen led to the achievement of management goals: encroachment with tall grasses, shrubs and trees is reduced, the average vegetation height was lower and more varied and the diversity in plant, spider and carabid beetle species increased. The subsequent decline in diversity of plant and ground beetle species may have been caused by the interference of the increase in stocking density and the very hot and dry summer in 2018.

It is recommended that livestock is brought back to the situation between 2001 and 2010 ( $\pm$  20 cattle and  $\pm$  80 Soay sheep) or a lower stocking density in order to maintain more ungrazed or poorly grazed areas. Because it is a long-term and well-designed grazing experiment, it is very valuable to maintain the current BACI-research plots (grazed plots, exclosures and ungrazed plot in the adjacent Cranberry Valley). Exclosures are very valuable for scientific research after the effects of grazing on biodiversity. For monitoring the effectiveness of grazing in the context of policy objectives it is not necessary to create new exclosures. A set of process indicators is presented which provides a good estimation of the effects of grazing on plants and animals for policy objectives.

## Dankwoord

Het onderzoek naar effecten van begrazing in de Vallei van het Veen was niet mogelijk zonder de logistieke en praktische hulp van de medewerkers van Staatsbosbeheer op Vlieland, met name van Carl Zuhorn die o.a. de controle en herstel van alle exclusures regelde. Bij de bezoeken aan de andere Waddeneilanden stonden de beheerteams klaar van Staatsbosbeheer op Terschelling (Freek Zwart en Arjan Zonderland) en Ameland (Marjan Veenendaal, Lex Varkevisser en Robert Pater) en van Natuurmonumenten op Schiermonnikoog (Erik Jansen). Jelmar Schaap en Marten Geertsma (Stichting Bargerveen) hielpen bij de determinaties van ongewervelden uit de potvallen.

Het project werd uitgevoerd in opdracht van OBN/VBNE en provincie Fryslân onder een begeleidingscommissie bestaande uit Evert-Jan Lammerts (Staatsbosbeheer), Peter Esselink (Bureau PUCCIMAR), Chris Smit (RU Groningen), Roland Jalving, Jan Meijer en Bouwe Talsma (provincie Fryslân) en het OBN Deskundigenteam Duin- en Kustlandschap.



Sterk vergraste vegetatie in exclusure nr. 18 in 2010 met de originele paaltjes en codering uit 1993 van het toenmalige IBN in Arnhem. Inmiddels zijn alle exclusures hersteld en versterkt.

*Encroached vegetation in enclosure nr. 18 in the year 2010, with the original corner posts and code marking from 1993. In the meantime, all enclosures have been repaired and strengthened.*



# 1. Inleiding

## 1.1 Achtergrond en probleemstelling

Begrazing is een van de meest toegepaste vormen van beheer om verruiging en vergrassing in kustduinen tegen te gaan. Vrijwel altijd helpt begrazing om een lagere, meer gevarieerde vegetatiestructuur te krijgen, met vaak iets meer open zand en een warmer microklimaat. De effecten op fauna verschillen echter sterk tussen diersoorten en –groepen en hangen af van de graasvorm (veetype, graasdruk en –moment in het seizoen), het aantal jaar dat begrazing al wordt ingezet én het kalkgehalte van de bodem (Nijssen *et al.* 2014). Er wordt daarom geadviseerd om – indien de grootte en ligging van de terreinen dit toelaat – gradiënten in graasdruk te creëren door het wisselen van graasdruk tussen jaren óf door extensieve begrazing waarbij natuurlijke gradiënten in graasdruk kunnen ontstaan. Het ontstaan van deze gradiënten kost uiteraard tijd, zodat met name op de lange termijn positieve effecten op de variatie in vegetatiestructuur en biodiversiteit mogen worden verwacht.

In 1993 nam Staatsbosbeheer het besluit om grazers te introduceren in duingebied Vallei van het Veen op Vlieland. Begrazing leek de beste effectgerichte beheermaatregel tegen vergrassing en verruiging van de duinvalleien. Doelen waren het stoppen van vergrassing en verbossing, het creëren van open plekken in de homogene, dichte vegetatie en het laten toenemen van de konijnenstand. Om de effecten van de begrazing te monitoren werd gekozen voor een zogenaamde BACI proefopzet. Het effect van begrazing wordt vastgesteld door vergelijking tussen begraasde (Impact) en onbegraasde proefvelden (Control), waarbij de verschillen tussen de proefvelden zowel voorafgaand aan de maatregel (Before) als later wanneer de maatregel is uitgevoerd (After) worden bepaald. Met deze opzet kan het effect van de maatregel begrazing los worden geanalyseerd van de autonome ontwikkelingen in het duinlandschap, zoals successie van de vegetatie en bodemontwikkeling, en van toevallige verschillen die tussen jaren optreden, bijvoorbeeld als gevolg van weersomstandigheden.

Bij de opzet van het experiment in 1993 was bij de keuze van de locaties van de plots sprake van twee vegetatiestrata: 'vergraste duinvalleien' en 'intacte vochtige duinheiden'. Het doel van het experiment was na te gaan of vergraste en verruigde (en deels verdroogde) duinvalleibegroeiingen konden worden hersteld met extensieve begrazing door runderen en schapen. Tegelijkertijd zou worden nagegaan of min of meer intacte vochtige duinheiden en de diergemeenschappen van deze duinheiden geen schade zouden ondervinden van het toegepaste extensieve begrazingsbeheer (Van Wingerden *et al.* 1993). De uitgangssituatie van de vegetatie en fauna in de Vallei van het Veen werd vastgelegd in 1993 (Van Wingerden *et al.* 1993). De metingen zijn vervolgens herhaald in 2000/2001 (Van Wingerden *et al.*, 2000 & 2001) en in 2010 (Nijssen 2011) en in 2017 zijn bij een controle van de staat van de begraasde en onbegraasde plots opnieuw vegetatieopnamen gemaakt (Nijssen & Remke 2017). Alhoewel een deel van de plots in de loop der tijd verloren is gegaan en de graasdruk door schapen de laatste jaren is toegenomen, is de proefopzet nog zodanig intact dat in 2017/2018 effecten op bodem, vegetatie en fauna bepaald konden worden van 25 jaar extensieve runder- en schapenbegrazing in vochtige duinheide en vergraste duinvalleien.

## 1.2 Onderzoeksvragen en aanpak

Dit onderzoek is in 1993 opgezet om de vraag te beantwoorden of extensieve begrazing kan leiden tot gradiënten in graasdruk en de daarbij behorende biodiversiteit voor vegetatie en fauna. Omdat tussen de meetmomenten 2010 en 2017/2018 de veebezetting tijdelijk

onbedoeld sterk is opgelopen betreft het onderzoek voor de laatste periode een effectmeting van vrij intensieve begrazing. Daarnaast moet uit dit project duidelijk worden of, en zo ja welke onderdelen van, de BACI-opzet bruikbaar zijn voor de monitoring van herstelmaatregelen en voor advisering voor het bijsturen van begrazing.

De concrete onderzoeksvragen in dit project zijn:

1. Leidt langdurige extensieve begrazing ( $\pm$  20 jaar) en een daarop volgende verhoging van de veebezetting ( $\pm$  5 jaar) in kalkarme duinen tot gradiënten in graasdruk, waardoor zowel habitats en soorten kunnen voorkomen die gevoelig zijn voor begrazing als soorten en habitats die gebaat zijn bij stevige begrazing?
  - a) Zorgt deze begrazing voor een toe of afname van kenmerkende plantensoorten van kalkarme duinen en/of tot een verandering in plantgemeenschappen?
  - b) Neemt vergassing, verstruweling en verbossing af in kalkarme duinen onder invloed van deze begrazing?
  - c) Welke variatie in vegetatiestructuur treedt er op door deze begrazing?
  - d) Leidt deze begrazing tot grotere variatie (gradiënt of mozaïekpatronen) in microklimaat op de bodem in vergelijking met onbegaasde duinen?
  - e) Zorgt deze begrazing in kalkarme duinen voor een groter of juist kleiner bloemaanbod voor bloembezoekende insecten in vergelijking met onbegaasde duinen?
  - f) Heeft deze begrazing effect op de bodemopbouw?
  - g) Zorgt deze begrazing voor een grotere variatie aan diersoorten en voor hogere dichtheden van ongewervelden die als prooi kunnen dienen voor gewervelde insectivoren?
  - h) Levert deze begrazing hogere dichtheden van konijnen op in droge duinen?
2. Hoe verhouden deze gradiënten en ecologische variatie zich ten opzichte van terreinen waar niet of op een andere manier wordt begraasd?
3. Welke onderdelen van de op Vlieland gebruikte BACI-opzet zijn bruikbaar op de Friese Waddeneilanden?
4. Voor welke begrazingsregimes en welke terreinen is de toepassing van deze methodiek bij uitstek informatief in het kader van de monitoring van herstelmaatregelen?
5. Hoe kan het door de provincie Fryslân beheerde PQ-meetnet (permanente kwadratenvegetatie) op de Friese Waddeneilanden in begaasde gebieden worden verbeterd c.q. opgezet om de begrazingseffecten op de Friese Waddeneilanden in het kader van N2000 en monitoring van herstelmaatregelen goed in beeld te brengen?

### **1.3 Leeswijzer**

In dit rapport wordt eerst een beschrijving gegeven van de proefopzet, het gebied, doel en vraagstelling van dit onderzoek (hoofdstuk 2). Vervolgens worden de resultaten voor vegetatiesamenstelling (hoofdstuk 3), bodem, vegetatiestructuur en microklimaat (hoofdstuk 4) en diergemeenschappen (hoofdstuk 5) gepresenteerd. Vervolgens wordt er een vertaling naar de praktijk gemaakt voor zowel monitoring in relatie tot begrazing als herstelmaatregel (hoofdstuk 6) als voor het beheer en beleid met betrekking tot begrazing op de Waddeneilanden (hoofdstuk 7).



## 2 Proefopzet

### 2.1 Ligging gebied en BACI-opzet

De opzet van het BACI-experiment in de Vallei van het Veen op Vlieland staat uitgebreid beschreven in Van Wingerden *et al.* (1993). De belangrijkste onderdelen van de opzet en de wijzigingen die sinds 1993 zijn opgetreden worden in deze paragraaf samengevat.

#### 2.1.1 Gebied

Het onderzoeksgebied op Vlieland bestaat uit de Vallei van het Veen (Figuur 2.1), een  $\pm$  220 ha groot duingebied grotendeels gelegen tussen het Pad van 20 en het Pad van 30, en de onbegaasde 20 ha grote Cranberryvallei ten oosten van het Pad van 30. Het gebied bestaat uit een aantal grote door duinruggen omgeven valleien. Zowel bodem als (grond)water in de valleien zijn zeer zwak gebufferd tot zuur, en de vegetatie bestaat dan ook voornamelijk uit natte en droge duinheide (H2140 en H2150) en voor een kleiner deel uit kalkarme grijze duinen (H2130B).

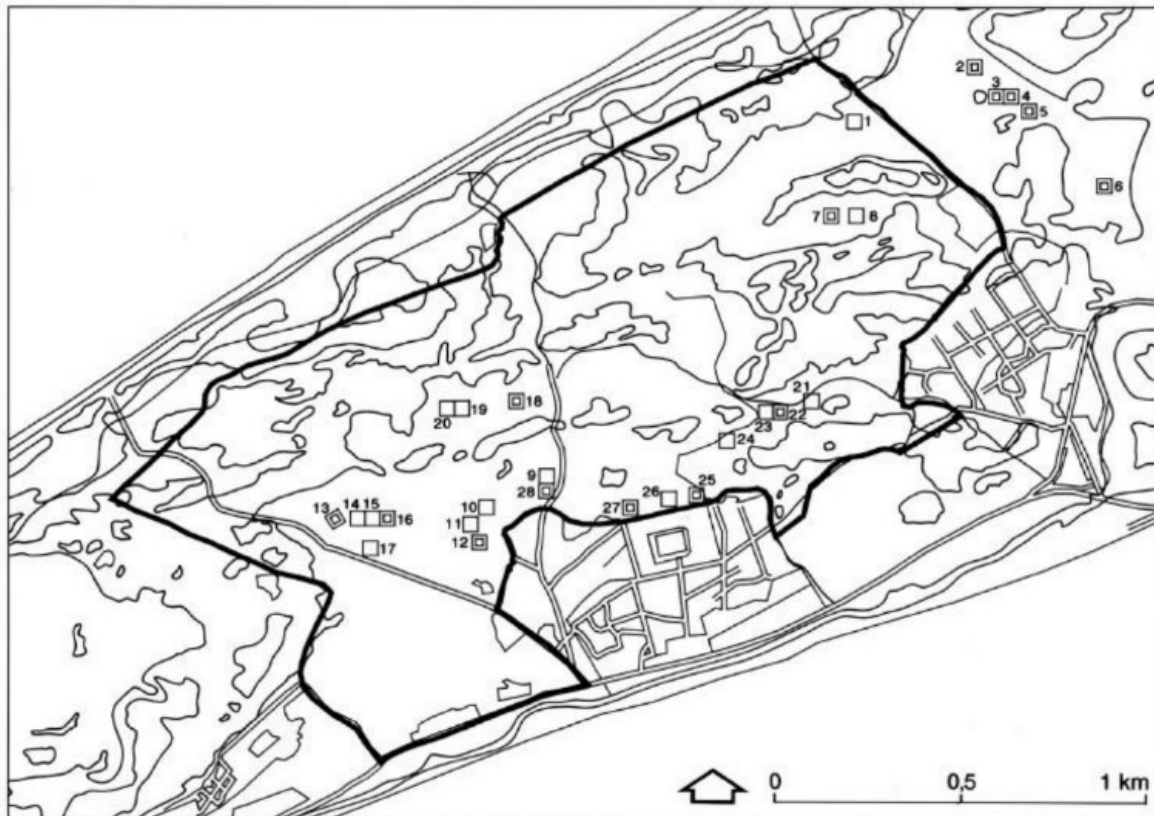


**Figuur 2.1.** Ligging van het begrazingsgebied in de Vallei van het Veen (oranje omljnd) en de onbegaasde Cranberryvallei (rode stippellijn) op Vlieland.

*Figure 2.1. Boundary of study area with location of grazed 'Vallei van het Veen' (orange) and ungrazed 'Cranberryvallei' on the island of Vlieland, The Netherlands.*

### 2.1.2 Statistische opzet BACI-experiment

Bij het opzetten van het BACI-experiment zijn begraasde en onbegraasde plots random verdeeld over twee typen, 'vergraste vochtige duinvalleien' en 'intacte vochtige duinheide', door Van Wingerden *et al* (1993) als twee verschillende 'vegetatiestrata' aangeduid. Iedere plot heeft een oppervlak van 40 bij 40 meter, waarvan de buitenste 10 meter als bufferzone fungeert en de binnenste 20 bij 20 meter als onderzoekplot (zie §2.2.1). Het doel van het onderzoek was om in het stratum 'vergraste vochtige duinvalleien' te onderzoeken of de beoogde doelen van begrazing worden gehaald: tegengaan vergrassing en struweelopslag, meer variatie in vegetatiesamenstelling en -structuur en een hogere biodiversiteit voor fauna. Voor het stratum 'intacte vochtige duinheide' werd gevreesd voor negatieve effecten op vegetatie en fauna als gevolg van begrazing; hier was het doel om na te gaan of deze negatieve effecten ook daadwerkelijk optreden (Van Wingerden *et al.* 1993). Omdat het stratum 'vergraste vochtige duinvalleien' een veel groter oppervlak bestreek dan 'intacte vochtige duinheide' is er voor gekozen om in de vergraste vegetaties 20 aselechte plots te installeren, waarvan er 10 in begrazing werden genomen en 10 onbegraasd bleven. Voor de intacte heide werden 8 aselechte plots geïnstalleerd, waarvan er 4 in begrazing werden genomen en 4 onbegraasd bleven. In totaal betrof het dus 28 plots die verspreid in het gebied liggen (Figuur 2.2 en Tabel 2.1).



**Figuur 2.2.** Ligging van de begraasde (enkele vierkanten) en onbegraasde (dubbele vierkanten) onderzoekplots in de Valle van het Veen en de aangrenzende Cranberryvallei. Nummering: begraasde (1-20) en onbegraasde (6-18) vergraste duinvalleien; begraasde (21-26) en onbegraasde (22-28) intacte vochtige duinheide (afbeelding uit Van Wingerden *et al.* 2000). De onbegraasde plots 2-4 in de Cranberryvallei (rechtsboven) en de begraasde plot 17 (linksmidden) zijn door beheermaatregelen verloren gegaan.

**Figure 2.2.** Location of grazed plots (single squares) and ungrazed plots (enclosures: double squares) in the Valle van het Veen and adjacent Cranberryvallei. Plots 1-20 grazed and 6-18 ungrazed plots in encroached moist dune valleys; 21-26 grazed and 22-28 ungrazed in intact moist dune heathland (from Van Wingerden *et al.* 2000). Plots 2-4 and 17 are lost for the experiment due to other dune management.

Zowel om logistieke redenen en omdat 14 exclosures in het begraasde gebied te veel van het natuurlijke karakter van begrazing zouden kunnen verstoren, is er voor gekozen om 5 onbegraasde plots in de niet begraasde naastgelegen Cranberryvallei te installeren (allen in het stratum 'vergraste vochtige duinvallei') en voor de overige 9 onbegraasde plots exclosures te plaatsen in de Vallei van het Veen.

**Tabel 2.1.** Overzicht van de begraasde en onbegraasde (exclosure) onderzoekplots in de Vallei van het Veen en onbegraasde plots in de Cranberryvallei (buiten raster) in het stratum 'intacte vochtige duinheide' en 'vergraste duinvallei'. Bij de status is aangegeven welke plots zijn verdwenen als gevolg van beheeringrepen (-), welke beschadigd zijn geraakt en weer gerepareerd (rep.) en of er tijdelijk invloed is geweest van vee (+ = duidelijke invloed, +/- is kleine invloed). Vanaf 2018 zijn alle exclosures gerepareerd en verstevigd.

**Table 2.1.** Status of all grazed and ungrazed plots (exclosures) in the Vallei van het Veen and adjacent Cranberryvallei in encroached moist dune valleys (duinvallei) and intact moist dune heathland (duinheide) in all sampling years. Status is good (intact), lightly damaged (redelijk/matig), severely damaged (kapot) or repaired (rep). Strong (+) or mediate (+/-) influence of Soay sheep (schaap) and Highland cattle (rund) are given for ungrazed plots which were not intact.

plot	stratum	begrazing	status				invloed	
			2001	2010	2017	2018	schaap	rund
21	duinheide	begraasd	intact	intact	intact	intact		
26	duinheide	begraasd	intact	intact	intact	intact		
23	duinheide	begraasd	intact	intact	intact	intact		
24	duinheide	begraasd	intact	intact	intact	intact		
12	duinheide	exclosure	intact	intact	redelijk	rep.	+/-	-
22	duinheide	exclosure	intact	intact	intact	intact	-	-
25	duinheide	exclosure	intact	intact	rep.	intact	-	-
27	duinheide	exclosure	intact	intact	rep.	intact	-	-
14	duinvallei	begraasd	intact	intact	kapot	rep.		
15	duinvallei	begraasd	intact	intact	kapot	rep.		
8	duinvallei	begraasd	intact	intact	intact	intact		
17	duinvallei	begraasd	intact	-	-	-		
9	duinvallei	begraasd	intact	intact	intact	intact		
10	duinvallei	begraasd	intact	intact	intact	intact		
11	duinvallei	begraasd	intact	intact	intact	intact		
19	duinvallei	begraasd	intact	intact	intact	intact		
20	duinvallei	begraasd	intact	intact	intact	intact		
1	duinvallei	begraasd	intact	intact	intact	intact		
6	duinvallei	buiten raster	intact	intact	intact	intact	-	-
2	duinvallei	buiten raster	intact	-	-	-	-	-
3	duinvallei	buiten raster	intact	-	-	-	-	-
4	duinvallei	buiten raster	intact	-	-	-	-	-
5	duinvallei	buiten raster	intact	-	-	-	-	-
7	duinvallei	exclosure	intact	intact	rep.	intact	+	+
13	duinvallei	exclosure	intact	intact	matig	rep.	+/-	-
16	duinvallei	exclosure	intact	intact	matig	rep.	+/-	-
28	duinvallei	exclosure	intact	intact	matig	rep.	+/-	-
18	duinvallei	exclosure	intact	intact	kapot	rep.	+	+/-

### 2.1.3 Begrazing en overige beheermaatregelen

De begrazing in de Vallei van het Veen wordt al vanaf 1993 uitgevoerd met Schotse Hooglanders en Soay schapen. De bezetting van deze twee soorten grazers is in de loop der jaren veranderd als gevolg van natuurlijke sterfte, bijplaatsingen, voortplanting (Soay schapen na 2011) en wegvangen (Soay schapen na 2016). De ruwe gegevens per jaar staan in tabel 2.2. De gemiddelde veebezetting is berekend als aantal Grootvee Eenheden (GVE) per hectare per jaar. De veebezetting is niet de daadwerkelijke graasdruk - deze wordt berekend als de verhouding tussen consumptie en groei van biomassa per tijdseenheid (Allen et al., 2011; beide factoren zijn voor de Vallei van het Veen niet gemeten) - maar kan wel als indicatie dienen voor verschillen in graasdruk tussen jaren en tussen droge en vochtige terreindelen. Bij de berekening van veebezetting is gerekend met 0,8 GVE voor Schotse hooglanders en 0,1 GVE voor Soay schapen (conform niet melkgevende runderen en schapen, Eurostat 2020).

De gemiddelde veebezetting varieerde voor het gehele begrazingsgebied tussen  $\pm 0,04$  GVE/ha/jaar in de beginperiode,  $\pm 0,10$  GVE/ha/jaar tussen 2005-2012 en een maximum van  $\pm 0,26$  in 2017. Aangezien Soay schapen relatief veel in droge delen van het duin grazen en Schotse hooglanders juist veel in de natte valleien (waarneming in Van Wingerden *et al.* 2000; geen exacte gegevens op basis van observaties voorhanden) varieerde de veebezetting in deze habitats verschillend (Figuur 2.3). Met de aanname dat runderen 80% van de tijd in de valleien grazen en schapen 80% van de tijd in droge delen, is de bezetting in vochtige valleien in het begin hoger geweest dan in droge duinen ( $\pm 0,06$  vs.  $\pm 0,03$  GVE/ha/jaar), maar door natuurlijke sterfte van Schotse hooglanders en vooral de sterke uitbreiding van Soay schapen na 2011 is dit patroon omgedraaid. De bezetting in valleien is eerst licht toegenomen tot een maximum van  $\pm 0,12$  GVE/ha/jaar om daarna weer te dalen naar 0,08 GVE/ha/jr, maar in droge duinen nam dit uiteindelijk toe tot  $\pm 0,37$  GVE/ha/jaar. De gemiddelde veebezetting in Nederlandse duinen is omgerekend naar Eurostat Livestock Units  $\pm 0,12$ - $0,14$  GVE/ha/jr (periode 1990-2010; Nijssen *et al.*, 2014). Hiermee vergeleken is de veebezetting in de Vallei van het Veen tot ongeveer 2003 zeer laag te noemen, tussen 2003 en 2014 laag en tussen 2012-2018 tijdelijk opgelopen tot gemiddeld in vochtige valleien en hoog in droge duinen.

Naast begrazing zijn er in de Vallei van het Veen en de naastgelegen onbegrasde Cranberryvallei ook andere beheermaatregelen uitgevoerd. In 1998 zijn drinkplassen langs het pad van 20 verplaatst, waardoor graaspatronen zijn veranderd. Daarnaast is in 2007 een groot deel van de verruigde Cranberryvallei gechopperd, waarbij onbegrasde plots 2 t/m 5 zijn verdwenen. In hetzelfde jaar is in de Vallei van het Veen gechopperd ten zuidoosten van plots 13-16 en is hier een kraal geplaatst voor het vangen van vee, waardoor de begrasde plot 17 verviel. Deze vangkraal is na 2014 vergroot richting het noorden om de overtallige Soay schapen te vangen, waarbij plots 14 en 15 geraakt werden. Deze plots konden nog wel worden meegenomen in het onderzoek, maar de betredingsdruk is daar relatief sterker toegenomen ten opzichte van andere plots. Van enkele exclusies zijn de omheiningen in de loop der tijd beschadigd en weer opgeknapt, waarbij er in de tussenliggende periode soms kort toegang is geweest voor Soay schapen. In plot 7 en in mindere mate plot 18 zijn ook hooglanders binnengedrongen. In Tabel 2.2 zijn de consequenties van deze beheeringrepen voor de verschillende onderzoekplots weergegeven.

**Tabel 2.2.** Veranderingen in veebezetting van Schotse Hooglanders en Soay schapen en gemiddelde veebezetting in de Vallei van het Veen, berekend in Grootvee Eenheid (GVE)/ha/jaar, gebaseerd op hooglander = 0,8 GVE en Soay schaap = 0.1 GVE (conform Eurostat 2020).

De berekende bezetting is niet de exacte graasdruk in het veld (deze varieert ook binnen jaren en binnen het gebied), maar kan als indicatie worden gebruikt om jaren en gebieden met elkaar te vergelijken.

Getallen zijn gebaseerd op tellingen van Staatsbosbeheer Vlieland; voor Soay schapen ontbreken telgegevens tussen 2012-2016; hiervoor is een schatting gemaakt (cursieve getallen).

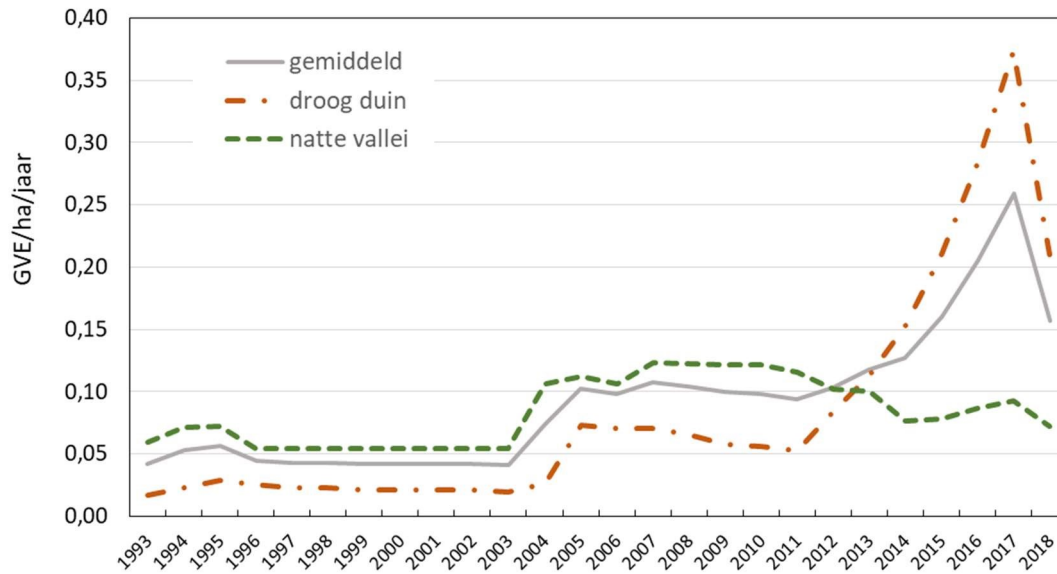
**Table 2.2.** *Changes in stocking density of Highland cattle and Soay sheep and average stocking density in the Vallei van het Veen, calculated in Livestock Unit (LSU)/ha/year, based on highlander = 0,8 LSU and Soay sheep = 0.1 LSU (in accordance with Eurostat 2020).*

*The calculated occupancy is not the grazing pressure in the field (which varies within years and within the area), but can be used as an indication to compare grazing pressure between years and other areas.*

*Numbers are based on counts by Staatsbosbeheer Vlieland; count data for Soay sheep are missing between 2012-2016; an estimate has been made for this (italic numbers).*

Jaar	Schotse hooglander	Soay schaap	gemiddelde bezetting (GVE/ha/jr)
1993	10	13	0,04
1994	12	20	0,05
1995	12	28	0,06
1996	9	26	0,04
1997	9	23	0,04
1998	9	22	0,04
1999	9	20	0,04
2000	9	20	0,04
2001	9	20	0,04
2002	9	20	0,04
2003	9	18	0,04
2004	18	18	0,07
2005	18	82	0,10
2006	17	80	0,10
2007	20	77	0,11
2008	20	70	0,10
2009	20	60	0,10
2010	20	57	0,10
2011	19	54	0,09
2012	16	<i>100</i>	0,10
2013	15	<i>140</i>	0,12
2014	10	<i>200</i>	0,13
2015	9	<i>280</i>	0,16
2016	9	<i>380</i>	0,21
2017	8	505	0,26
2018	8	281	0,16

## Veebezetting Vallei van het Veen



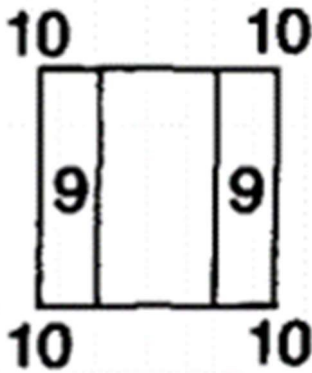
**Figuur 2.3.** Veranderingen in veebezetting in vochtige valleien en droge terreindelen in de Vallei van het Veen, geschat op basis van een gelijke verhouding in oppervlakte van deze typen in het terrein (beide  $\pm 110$  ha) en de inschatting dat runderen 80% van de tijd in valleien doorbrengen en 20% in droge delen, en Soay schapen 80% van de tijd in droge delen en slechts 20% in valleien. Voor veranderingen in veebezetting zie tabel 2.1.

*Figure 2.. Changes in stocking density in moist dune valleys and dry dunes in the Vallei van het Veen, assuming an equal distribution of these types in the area (both  $\pm 110$  ha) and the estimate that cattle live 80% of the time in valleys and 20% in dry dunes, and Soay sheep 80% of the time in dry dunes and only 20% in valleys. For changes in stocking density, see Table 2.1.*

## 2.2 Indeling onderzoekplots

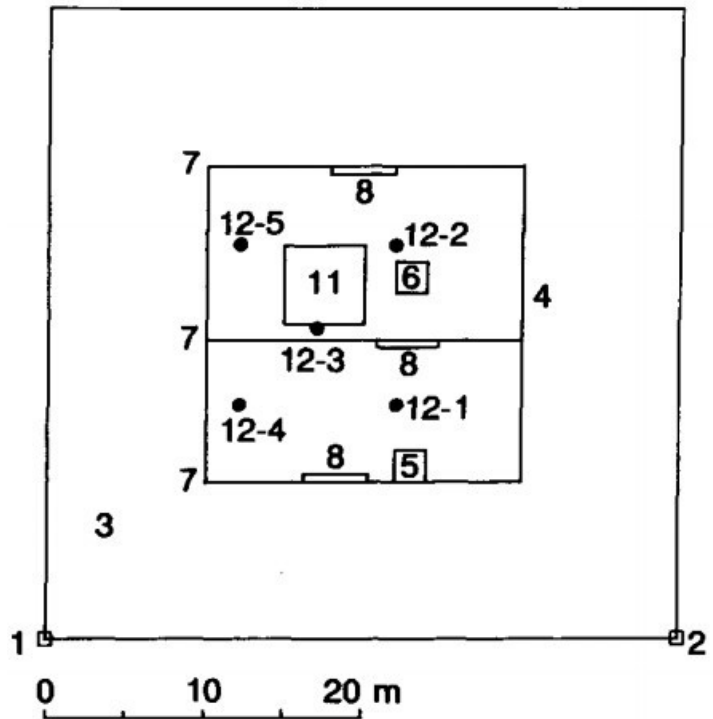
### 2.2.1 Plattegrond onderzoekplots

Alle plots – begraasde en onbegrasde – hebben dezelfde opbouw met een omtrek van 40x40 meter, waarbij de buitenste 10 meter een buffer vormt en in een vierkant van 20x20 meter de metingen worden uitgevoerd (Figuur 2.4). Bij de exclusies vormt het buitenraster een referentie voor de indeling, bij de begraasde plots zijn bij de start hoekpalen (1 en 2) geplaatst. Deze missen sinds 2010 vrijwel overal, waardoor het opnieuw inmeten van de plots hier plaatsvond op basis van de goed gemarkeerde vegetatie-PQ's (nrs 5 en 6 in figuur 2.4). Tijdens het veldwerk zijn langs de buitenranden en langs de 9-meter raai meetlinten geplaatst om de struweelopslag en veesporen op schaal in te kunnen tekenen.



Uitvergroting PQ's (nr. 5 en 6 in plot)

- 1 = hoekpaal met plotnummer
- 2 = tweede hoekpaal voor basislijn
- 3 = bufferruimte rondom meetplot
- 4 = meetplot
- 5 = Permanent kwadraat (PQ) 1
- 6 = Permanent kwadraat (PQ) 2
- 7 = raaien langs 0, 9 en 20 meterlijn
- 8 = konijnenkeuteltellingen langs raaien
- 9 = konijnenkeuteltellingen in PQ's
- 10 = hoekpunten PQ's
- 11 = sprinkhaantelling (vervallen)
- 12 = potvallen (5x)



**Figuur 2.4.** Inrichting van de onderzoeksplots in de Vallei van het Veen (overgenomen uit Van Wingerden *et al.* 2000).

**Figure 2.4.** Design of research plots in the Vallei van het Veen (taken from Van Wingerden *et al.* 2000).

## 2.3 Vegetatieopnamen in permanente kwadraten

### 2.3.1 Vegetatieopnamen

De vegetatieontwikkeling binnen de begraasde en onbegraasde plots is gemonitord aan de hand van permanente kwadraten van 2 x 2 m binnen (oorspronkelijk) 28 plots. Er zijn vegetatieopnames gemaakt bij de start van het experiment in 1993. Binnen iedere PQ zijn zowel de vaatplantsoorten als (korst)mossoorten op naam gebracht en hun abundantie is geschat volgens de methode van de 4e Bosstatistiek met een 9-delige meetschaal<sup>1</sup>. De vegetatieopnamen zijn herhaald in 2000, 2010 en 2017. Gedurende de hele waarnemingsperiode van 24 jaar zijn in totaal 210 vegetatieopnamen gemaakt. Deze zijn opgeslagen in het programma Turboveg (Hennekens & Schaminee 2001). Met het programma ASSOCIA is aan elke vegetatieopname een plantenassociatie toegekend volgens de systematiek van de Vegetatie van Nederland (Schaminée *et al.* 1996).

<sup>1</sup> Negendelige meetschaal 4e Bosstatistiek: <0,1%=1; 0,1-1%=2; 1-5%=3; 5-10%=4; 10-25%=5; 25-50%=6; 50-75%=7; 75-90%=8; 90-100%=9.

### 2.3.2 Analyse vegetatiedata

#### Aantal soorten

Voor de twee afzonderlijke strata (*vergraste duinvalleien* en *vochtige duinheiden*) is allereerst gekeken naar het effect van begrazing op het gemiddelde aantal soorten per PQ in de tijdsperiode 1993-2017 en is een vergelijking gemaakt met de ontwikkelingen in de onbegaasde, omrasterde plots. Voor de tijdreeksanalyses zijn alleen plots gebruikt waarvan voor alle opnamemomenten (1993, 2000, 2010, 2017) vegetatieopnamen beschikbaar waren. Negen plots van het stratum *vergraste duinvalleien* vielen af omdat de tijdreeks incompleet was (Nijssen & Remke 2017).

**Tabel 2.3.** Aantal plots binnen de vegetatie strata, waarmee tijdreeksanalyses zijn uitgevoerd.

**Table 2.3.** Number of plots within the vegetation strata 'encroached dune valleys' and 'intact dune heathland', with which time series analyses were performed.

Stratum	Exclosures	Begaasde plots
<i>Vergraste vochtige duinvalleien</i>	6	9
<i>Intacte vochtige duinheiden</i>	4	4

De verschillen in het aantal soorten per plot zijn statistisch getoetst met GLM (*general linear model*), met stratum, begraasd/onbegaasd, en jaar als verklarende factoren (modeltermen).

#### Verruiging

Verruiging is geanalyseerd aan de hand van de totale bedekking van een aantal hoogopgaande soorten t.w. duinriet (*Calamagrostis epigejos*), zandzegge (*Carex arenaria*), helm (*Ammophila arenaria*) en riet (*Phragmites australis*).

#### Verstruweling en verbossing

De belangrijkste houtige soorten in het onderzoeksgebied zijn Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), zachte berk (*Betula pubescens*), ruwe berk (*Betula pendula*), zomereik (*Quercus robur*), gewone lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), zwarte den (*Pinus nigra*) en braam (*Rubus spec.*). Alleen Amerikaanse vogelkers kwam in voldoende mate voor om eventuele verschillen tussen begraasde en onbegaasde plots te kunnen vaststellen.

#### Indicatiewaarden

Van iedere opname is op basis van de soortensamenstelling met behulp van indicatiegetallen van Ellenberg een gemiddelde indicatiewaarde berekend voor licht, vocht, stikstof en zuurgraad. Zo konden veranderingen in de tijd worden geduid in termen van veranderingen in abiotiek.

#### Multivariate analyses

Met behulp van het clusteringsprogramma TWINSpan zijn de opnamen van alle jaren (n=210) geanalyseerd en opnamen met een vergelijkbare soortensamenstelling zijn geclusterd in groepen. Op basis daarvan is een lokale typologie gemaakt.

Vervolgens zijn multivariate analyses uitgevoerd met het programma CANOCO om de vegetatieveranderingen in de tijd en de verschillen tussen begraasde en onbegaasde PQ's te duiden. Dat betrof de volgende analyses:

- 1) nulmeting: onbegaasde vs. begraasde PQ's 1993;
- 2) effectmeting na 24 jaar: onbegaasde vs. begraasde PQ's 2017;



- 3) verandering in de tijd bij begraasde plots: 1993 versus 2017; welke veranderingen zijn er opgetreden in het begraasde gebied gedurende de periode van 24 jaar? Hierbij zijn Ellenberg-indicatiewaarden voor vocht, pH en stikstof gebruikt als 'abiotische factoren' om de veranderingen goed te kunnen duiden;
- 4) verandering in de tijd in afwezigheid van begrazing: onbegraasde PQ's: 1993 versus 2017; welke veranderingen zijn opgetreden in de onbegraasde PQ's gedurende de periode van 24 jaar? Ook hierbij zijn Ellenberg-indicatiewaarden voor vocht, pH en stikstof gebruikt als 'abiotische factoren' om de veranderingen te kunnen duiden.

Op deze manier kon voor zowel *vergraste duinvalleien* als voor *vochtige duinheiden* een indicatie worden gekregen van autonome veranderingen en van de effecten van begrazing op de ontwikkeling van de vegetatie.

## 2.4 Bepaling vegetatiestructuur, bloemaanbod en graasactiviteit

### **Vegetatiestructuur**

De vegetatiestructuur is bepaald met behulp van hoogtemetingen met behulp van een dropdisc die langs een as vanaf een hoogte van 100 cm werd losgelaten (schijf doorsnede 50 cm, gewicht 480 gr; conform de metingen in 1993, 2000 en 2010). Metingen zijn uitgevoerd op 50 random punten langs drie raaien op de 0-, 9- en 20-meter lijn van de plot (aangegeven met nr. 7 in figuur 2.4). Indien het een meting aan een boom of struik betrof is dit met de betreffende soort genoteerd, zodat metingen aan de kruidlaag en struik-/boomlaag apart geanalyseerd kunnen worden.

### **Intekenen boomopslag, kale plekken en veesporen**

Bomen en struiken zijn in het veld ingetekend op een vooraf geprinte recente luchtfoto. Hierbij is voor de plaatsbepaling de plot in het veld rondom gemarkeerd met witte meetlinten. Van elke boom of struik is de soort en de hoogte genoteerd. Op dezelfde manier zijn ook kale plekken en graassporen (loopsporen en fecaliën) ingetekend en geteld.

### **Tellingen konijnenkeutels**

Konijnenkeutels zijn geteld in vijf stroken van 0.5m<sup>2</sup>. Twee stroken liggen in elk van de twee permanente vegetatie PQ's (nr. 9 in figuur 2.4), de overige drie stroken liggen op random plaatsen langs de 0-, 9- en 20-meter lijn van de plots (nr. 8 in figuur 2.4).

### **Bloemaanbod**

Voor de bepaling van het bloemaanbod is in alle plots het aantal bloeiende planten geteld, alsook het aantal uitgebloeide planten. Tellingen zijn uitgevoerd in augustus 2018, waardoor de voorjaars- en vroege zomerbloeiers gemist zijn. Soorten met een enkelvoudige bloeiwijze zijn per bloem geteld, bij composieten is elk bloemhoofd als eenheid genomen, bij (rol)klavers en dopheide is elk 'eindtrosje' bloemen als eenheid genomen, bij struikheide elke bloeiende stengel. Waar dopheide en struikheide in hoge dichtheden voorkomen is op basis van een steekproef van 4 maal 1m<sup>2</sup> een schatting gemaakt van het totaal aantal bloeiende planten.

## 2.5 Metingen aan microklimaat en bodemopbouw

### **Microklimaat**

Het microklimaat van de plots in vergraste valleien en duinheiden is bepaald met een warmtecamera (type Testo 875). In elk proefvlak zijn 10 foto's gemaakt met telkens 76800 temperatuur-metingen (0,5 C° nauwkeurig) op ± 1,3 m<sup>2</sup> oppervlak. Alle foto's zijn op één onbewolkte dag gemaakt tussen 10:20 en 15:40. Alle foto's zijn genomen vanaf 2 meter hoogte met de lens parallel aan de hellingshoek van het terrein. De oppervlakte van elke foto

bedraagt 1,2 m<sup>2</sup> dat neerkomt op (160 x 120) 19200 meetpunten van 0.6 cm<sup>2</sup> per foto. De data van de foto's zijn uitgelezen via de Testo-software en omgezet in tekst (txt) bestanden. Het aantal foto's was te gering en de periode waarbinnen ze genomen zijn om een correctie uit te voeren op dag, tijdstip en buitentemperatuur. Er is daarom gekozen om alleen begraasde plots en exclusures die in hetzelfde tijdvak op dezelfde dag zijn gefotografeerd met elkaar te vergelijken.

### **Bodemopbouw en bodemcompactie**

De bodemopbouw is bepaald door 10 maal per plot met een guts de bovenste 20 cm van de bodem (inclusief strooisellaag) te steken: tweemaal in elke vaste vegetatie-PQ en zes maal random in de rest van de plot. Hierbij is de bovenkant van de strooisellaag als 'nul' genomen en is van strooisel-, humus- en inspoel- en minerale laag de dikte gemeten.

De bodemcompactie is op dezelfde plekken als voor de bodemopbouw gemeten met behulp van een handpenetrometer (Eijkelkamp), waarbij de maximale kracht die nodig is om de punt door de bodem te drukken is genoteerd voor de bodemlagen 0-10 cm, 10-20 cm en 20-30 cm.

## **2.6 Bemonstering en analyse fauna**

Oppervlakte-actieve ongewervelde fauna is bemonsterd met behulp van potvallen van 12 cm doorsnede, gevuld met 4% formaline-oplossing en met een dakje op ± 3 cm boven maaiveld. In elke plot zijn 5 potvallen geplaatst in een vast patroon, conform 1993, 2000/2001 en 2010 (zie figuur 2.4). De potvallen hebben twee periodes van twee weken open gestaan, met een zomerronde van 20 juli t/m 3 augustus en een najaarsronde van 27 september t/m 11 oktober. Na het legen zijn alle vangsten overgezet op 70% alcohol.

Alle dieren zijn gesorteerd op orde-niveau en ingedeeld in lengteklassen (<2mm, 2-5mm, 6-10mm, 11-15 mm, 16-20 mm en > 20mm). Volwassen loopkevers (Carabidae) en spinnen en hooiwagens (Araneae en Opiliones) zijn tot op soort gedetermineerd.

De gegevens zijn opgeslagen en verwerkt in Excel. Gegevens op soortniveau zijn omgezet naar kruistabellen, waarna in statistisch programma R de betadispersie is berekend en een Principale componenten analyse (PCoA) en Detrended correspondence analysis (DCA) zijn gedraaid. Om met een voldoende grote steekproef te kunnen werken zijn alle begraasde en alle onbegraasde plots bij elkaar genomen, waarbij deze niet zijn gesplitst in verschillende vegetatiestrata.

# 3 Ontwikkelingen van de vegetatie

## 3.1 Uitgangssituatie vegetatie

### Plantengemeenschappen

Bij de start van het begrazingsexperiment in 1993 waren de begraasde en onbegraasde plots gelegen in een negental vegetatietypen (tabel 3.1).

**Tabel 3.1.** Plantenassociaties die in 1993 voorkwamen binnen de onbegraasde en begraasde PQ's met per stratum het aantal PQ's waarin de associaties voorkwamen volgens ASSOCIA in syntaxa van de Vegetatie van Nederland.

**Table 3.1.** Plant associations occurring in 1993 within the ungrazed and grazed PQs with per stratum the number of PQs in which the associations occurred according to ASSOCIA in syntaxa of the Vegetation of the Netherlands.

Code	Syntaxon	Wetenschappelijke naam	Vergaste duinvallei	Vochtige duinheiden
20AB03	Kruipwilg-Kraaihei associatie	<i>Salici repentis-Empetretum</i>	15	14
11AA03B	Kraaihei en Gewone dophei associatie	<i>Empetro-Ericetum gymnocoleetosum</i>	10	1
20AB01	Zandzegge en Kraaihei associatie	<i>Carici arenariae-Empetretum</i>	5	1
20AB02	Eikvaren en Kraaihei associatie	<i>Polypodio-Empetretum</i>	1	-
20AB04	Wintergroen en Kruipwilg associatie	<i>Pyrolo-Salicetum</i>	1	-
14RG01	RG Droge duingraslanden	<i>RG Carex arenaria</i>	4	-
14RG03	RG Droge duingraslanden	<i>RG Dicranum scoparium</i>	1	-
14RG10	RG Droge duingraslanden	<i>RG Salix repens</i>	1	-
41AA03C	Kussentjesmos-Dennenbos	<i>Leucobryo-Pinetum empetretosum</i>	2	-
			40	16

Het stratum *vergraste duinvallei* omvatte in 1993 meerdere plantenassociaties met als belangrijkste de Associatie van Kruipwilg en Kraaihei en de Associatie van Kraaihei en Gewone dophei. Daarnaast kwamen er begroeiingen voor van verdroogde duinvalleien. Het stratum *vochtige duinheiden* bestond voornamelijk uit de Associatie van Kruipwilg en Kraaihei.

### Habitattypen

De vegetatietypen 20AB01 t/m 20AB04 worden gerekend tot het habitatype H2140B Duinheiden met Kraaihei (droge variant). Vegetatietype 11AA03B kwalificeert voor habitatype H2190C Vochtige duinvallei (ontkalkt), maar als er kraaihei voorkomt dan kwalificeert het in de meeste gevallen als H2140A Duinheiden met Kraaihei (vochtig).

De PQ's die in 1993 tot het stratum *vergraste vochtige duinvalleien* werden gerekend waren slechts in enkele gevallen habitatype H2190C Vochtige duinvalleien (kalkarm), te weten 9 van de in totaal 40 PQ's. De meeste andere (22) waren H2140B Duinheiden met Kraaihei (droog) of H2140A Duinheiden met Kraaihei (vochtig) (1 PQ). Daarmee was er een vrij grote

overlap tussen beide strata en was in het merendeel van de gevallen sprake van de droge variant van Duinheiden met Kraaihei (H2140B). Zie verder Bijlage 1.

## 3.2 Aantal soorten

In alle PQ's samen werden over de periode 1993-2017 in totaal 125 plantensoorten aangetroffen (tabel 3.2), waarvan 40 (korst)mos soorten en 85 soorten vaatplanten.

**Tabel 3.2.** Totaal aantal plantensoorten dat is aangetroffen in de afzonderlijke meetjaren in de onbegraasde en begraasde PQ's.

**Table 3.2.** Total number of plant species found in the individual years of research in the ungrazed and grazed PQs.

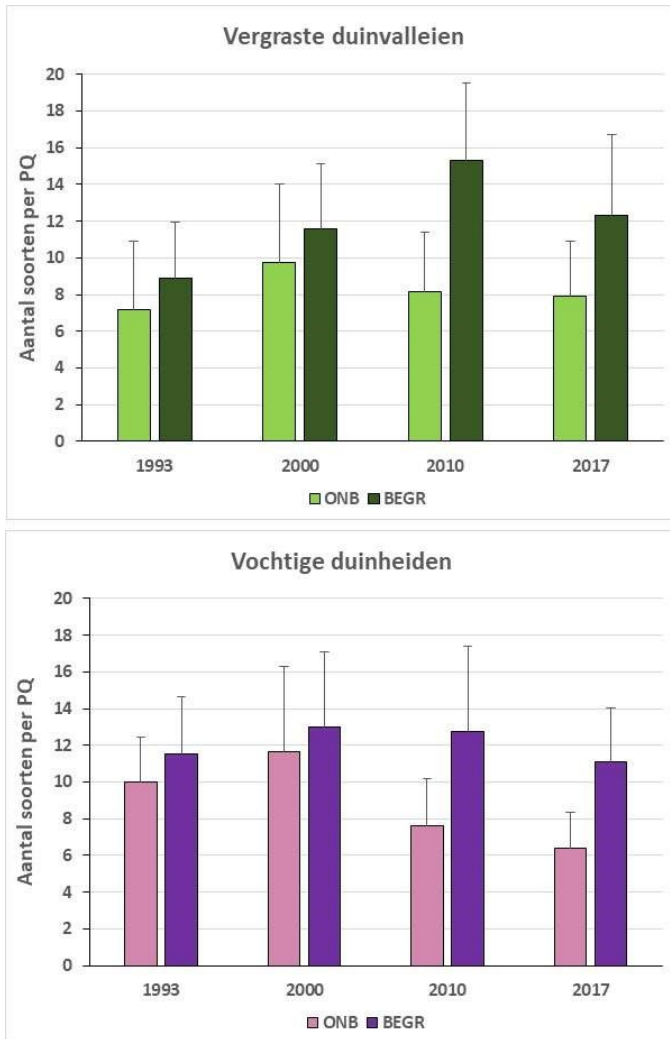
	1993	2000	2010	2017
Onbegraasd	35	51	43	41
Begraasd	43	58	66	53
Totaal	47	67	78	61

Het totaal aantal soorten dat werd aangetroffen in de PQ's nam toe in de tijd tot 2010, vooral in de begraasde PQ's. Na 2010 nam het weer enigszins af. Voor de complete soortenlijsten wordt verwezen naar Bijlage 2.

Veranderingen in het gemiddeld aantal plantensoorten per PQ staan weergegeven in figuur 3.1. In de begraasde PQ's is het aantal plantensoorten na 24 jaar begrazing significant groter dan in de onbegraasde PQ's ( $p < 0,001$ ). Er was geen significant verschil tussen de strata ( $p = 0,540$ ; Bijlage 3). De verschillen zijn het grootst in 2010, daarna neemt het verschil weer wat af. Het grotere aantal soorten in de begraasde PQ's betreft zowel het aantal vaatplantensoorten als (korst)mossoorten (figuur 3.2).

In het stratum *vergraste duinvalleien* bleef het totale aantal plantensoorten in de onbegraasde plots in de tijd ongeveer gelijk (figuur 3.1). In het stratum *vochtige duinheiden* nam in de onbegraasde plots het gemiddelde aantal plantensoorten in de tijd significant af ( $p < 0,001$ ). De introductie van grazers leidde zowel in *vergraste duinvalleien* als in *vochtige duinheiden* tot een significant groter aantal soorten per plot ( $p < 0,001$ ). Het optimum lag rond 2010, daarna nam het aantal soorten enigszins af. Dit heeft vermoedelijk te maken met de toename in veebezetting de laatste jaren door uitbreiding van het aantal Soay schapen.

In figuur 3.2 staan de soortenaantallen per PQ opgesplitst naar vaatplanten en (korst)mossen. Daaruit valt af te lezen dat de toename van het aantal plantensoorten in het stratum *vergraste duinvalleien* in de begraasde plots ten opzichte van de onbegraasde plots, zowel vaatplanten als (korst)mossen betreft. Voor *vochtige duinheiden* geldt dit alleen voor vaatplanten. Het aantal (korst)mossen nam daar niet alleen af in de onbegraasde plots, maar ook, zij het in mindere mate, in de begraasde plots.



**Figuur 3.1.** Veranderingen in het gemiddelde aantal plantensoorten (met standaard deviatie) in onbegraasde (ONB) en begraasde (BEGR) PQ's (2 x 2 m) voor de afzonderlijke strata (zoals toegekend in 1993). Voor het aantal PQ's per stratum dat voor deze tijdreeksen is gebruikt wordt verwezen naar tabel 3.1.

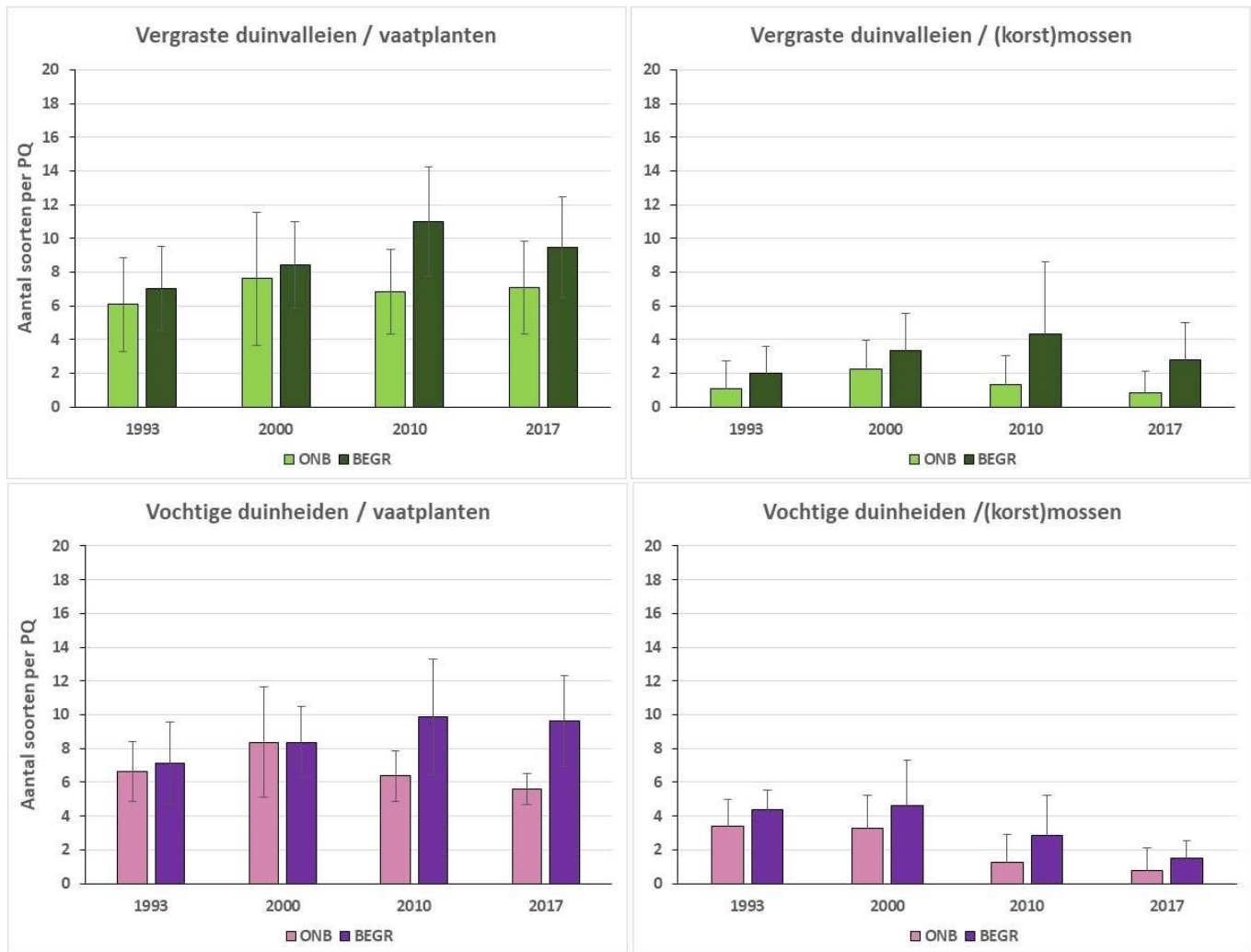
*Figure 3.1. Changes in mean number of plant species (with sd) for ungrazed (ONB) and grazed (BEGR) PQs (2 x 2 m) for the individual strata (as assigned in 1993). For the number of PQs per stratum used for these time series, see Table 3.1.*

### 3.3 Verandering in voorkomen soorten

Er is bekeken welke soorten een afname of toename in de tijd lieten zien en bij welke soorten er een duidelijk effect was van begrazing. De resultaten staan in tabel 3.3. In figuur 3.3 t/m 3.5 staat voor enkele soorten de verandering in voorkomen in de afzonderlijke meetjaren en strata.

#### (Korst)mossoorten

Van de wat meer algemeen voorkomende mos- en korstmossoorten nam vooral heideklauwtjesmos sterk af in de tijd, zowel in de onbegraasde plots als in de begraasde plots. Ook diverse andere soorten namen af, waaronder open rendiermos, fijn bekermos, bronsmos en gedrongen kantmos. Groot laddermos nam in beide typen plots toe. Soorten die alleen in de begraasde plots toenamen waren grijs kronkelsteeltje en ruw heidestaartje.



**Figuur 3.2.** Veranderingen in het gemiddelde aantal plantensoorten (met standaarddeviatie) in de onbegaasde (ONB) en begraasde (BEGR) PQ's voor de afzonderlijke strata opgesplitst naar vaatplanten (links) en (korst)mossen (rechts).

**Figure 3.2.** Changes in average number of plant species (with sd) in ungrazed (ONB) and grazed (BEGR) PQs for the individual strata, broken down into vascular plants (left) and lichens/mosses (right).

### Vaatplanten

Drienerve zegge (*Carex trinervis*) is een typische soort voor zowel de vochtige als droge variant van het habitatype Duinheide met kraaihei (respectievelijk H2140A en H2140B). Deze soort kwam bij de start van het experiment in 1993 in ongeveer de helft (46%) van de PQ's voor. Na 24 jaar was dit gedaald naar 35%. De afname deed zich vooral voor in de onbegaasde plots en impliceert kwaliteitsverlies van het habitatype in plots zonder begrazing.

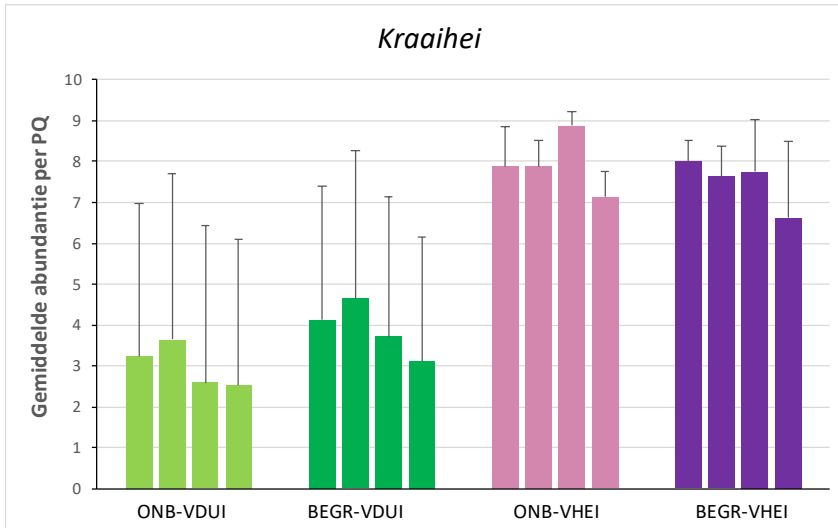
In de onbegaasde plots is een aantal houtige soorten verschenen zoals wilde lijsterbes, zomereik, wilde kamperfoelie en zwarte braam, of hebben zich uitgebreid zoals Amerikaanse vogelkers, evenals een (algemene) mos zoals groot laddermos. Verder namen kruipwilg en fijn schapengras sterk af. Verder namen soorten als kraaihei en gewone dophei af zowel in de begraasde als de onbegaasde plots, evenals een aantal soorten van kortgrazig duingrasland zoals hondsviooltje en gewone hoornbloem.

**Tabel 3.3.** Trend in voorkomen van soorten in de tijd van de belangrijkste vaatplanten en (korst)mossoorten in de zin van aan- of afwezigheid in de onbegraasde (ONB) en begraasde (BEGR) PQ's. -- sterke afname (>50%), - afname (25-50%), 0 stabiel (<25%), + toename (25-50%), ++ sterke toename (>50%) over de periode 1993-2017. #PQ's geeft het totale aantal permanente kwadraten weer waar de soort voorkwam, gesommeerd over alle waarnemingsjaren.

**Table 3.3.** Trend in the occurrence of species over time of the main vascular plants, lichens and mosses based on presence or absence in the ungrazed (ONB) and grazed (BEGR) PQs. Signs: -- strong decrease (> 50%), - decrease (25-50%), 0 stable (<25%), + increase (25-50%), ++ strong increase (> 50%) over the period 1993- 2017. # PQs represent the total number of permanent squares where the species occurred, summed for all years.

Soort	ONB	BEGR	Triviale naam	# PQ's
<b>(KORST)MOSSEN</b>				
<i>Hypnum jutlandicum</i>	--	--	Heideklauwtjesmos	89
<i>Dicranum scoparium</i>	--	0	Gewoon gaffeltandmos	97
<i>Cladonia portentosa</i>	-	-	Open rendiermos	42
<i>Pleurozium schreberi</i>	-	-	Bronsmos	15
<i>Lophocolea heterophylla</i>	-	-	Gedrongen kantmos	10
<i>Campylopus introflexus</i>	-	+	Grijs kronkelsteeltje	20
<i>Hypnum cupressiforme</i> + <i>H. andoi</i>	0	0	Gewoon klauwtjesmos (G)	38
<i>Cladonia scabriuscula</i>	0	+	Ruw heidestaartje	12
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	+	+	Groot laddermos	58
<b>VAATPLANTEN</b>				
<i>Carex trinervis</i> (Typische soort)	--	-	Drienerlige zegge	90
<i>Salix repens</i>	--	0	Kruipwilg	121
<i>Festuca filiformis</i>	--	0	Fijn schapengras	121
<i>Carex arenaria</i>	-	-	Zandzegge	183
<i>Calamagrostis epigejos</i>	-	-	Duinriet	156
<i>Empetrum nigrum</i>	-	-	Kraaihei	148
<i>Erica tetralix</i>	-	-	Gewone dophei	80
<i>Holcus lanatus</i>	-	0	Gestreepte witbol	43
<i>Carex panicea</i>	-	0	Blauwe zegge	25
<i>Potentilla erecta</i>	-	+	Tormentil	96
<i>Vaccinium macrocarpon</i>	-	+	Grote veenbes	58
<i>Danthonia decumbens</i>	-	+	Tandjesgras	22
<i>Luzula campestris</i>	-	++	Gewone veldbies	38
<i>Veronica officinalis</i>	0	+	Mannetjesereprijs	32
<i>Hypochaeris radicata</i>	0	+	Gewoon biggenkruid	27
<i>Carex nigra</i>	0	+	Zwarte zegge	24
<i>Rumex acetosella</i>	0	+	Schapenzuring	20
<i>Agrostis capillaris</i>	0	++	Gewoon struisgras	32
<i>Ammophila arenaria</i>	0	+	Helm	16
<i>Hieracium umbellatum</i>	0	+	Schermhavikskruid	15
<i>Agrostis canina</i>	0	0	Moerasstruisgras	28
<i>Prunus serotina</i>	+	0	Amerikaanse vogelkers	34

Soorten die profiteerden van begrazing waren gewone veldbies, gewoon struisgras, tormentil, grote veenbes, tandjesgras, mannetjesereprijs, gewoon biggenkruid, schapenzuring, schermhavikskruid en zwarte zegge. Kraaihei, een soort die gevoelig is voor betreding, nam enigszins (maar niet significant) af in de tijd. Deze afname trad bovendien in alle plots op, zowel begraasd als onbegraasd (figuur 3.3).

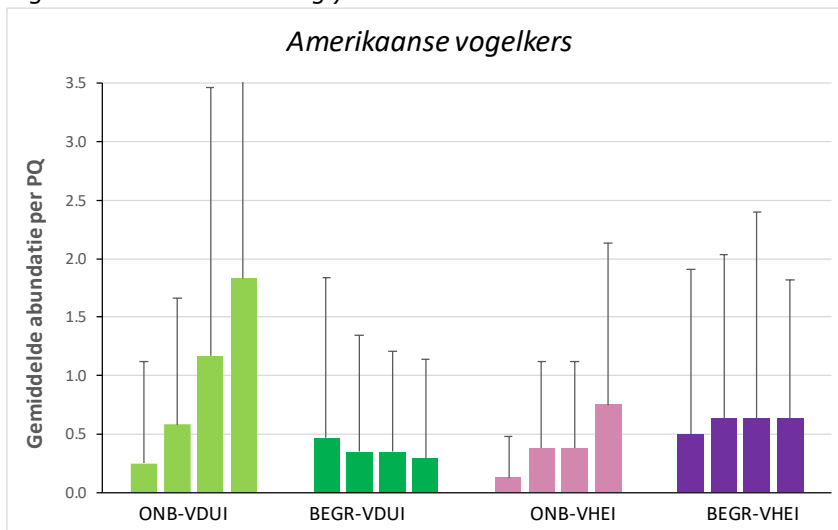


**Figuur 3.3.** Trends in het voorkomen (gemiddelde abundantie per PQ met standaard deviatie) van kraaihei in onbegrasde (ONB) en begrasde (BEGR) plots in het stratum vergraste duinvalleien (VDUI) en het stratum vochtige duinheiden (VHEI). De vier staven per groep vertegenwoordigen van links naar rechts de jaren 1993, 2000, 2010 en 2017.

**Figure 3.3.** Trends in the occurrence (mean abundance per PQ with standard deviation) of *Empetrum nigrum* in grazed (ONB) and grazed (BEGR) plots in the stratum encroached dune valleys (VDUI) and the stratum intact dune heathland (VHEI). The four bars per group represent (from left to right) the years 1993, 2000, 2010 and 2017.

### Verstruweling

De meeste Amerikaanse vogelkers sloeg op in de onbegrasde plots van het stratum vergraste duinvalleien en nam daar toe in de tijd (figuur 3.4). Andere houtige soorten zoals gewone lijsterbes, zomereik en zwarte den kwamen slechts spaarzaam voor (zie verder bij paragraaf 'structuurkartering').



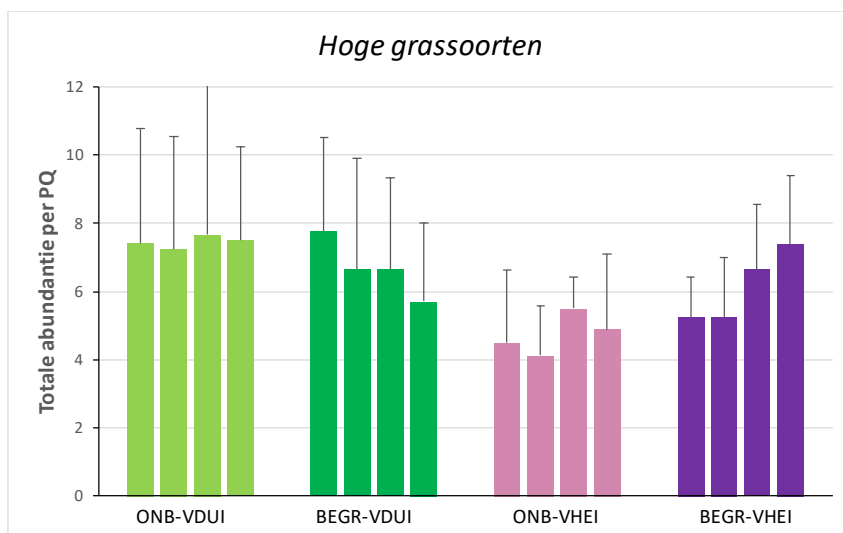
**Figuur 3.4.** Trends in het voorkomen (gemiddelde abundantie per PQ met standaard deviatie) van Amerikaans vogelkers in onbegrasde (ONB) begrasde plots (BEGR) in 1993, 2000, 2010 en 2017 in het stratum vergraste duinvalleien (VDUI) en het stratum vochtige duinheiden (VHEI). De vier staven per groep vertegenwoordigen van links naar rechts de jaren 1993, 2000, 2010 en 2017.

**Figure 3.4.** Trends in the occurrence (mean abundance per PQ with sd) of *Prunus serotina* in grazed (ONB) grazed plots (BEGR) in 1993, 2000, 2010 and 2017 in the stratum encroached moist dune valleys (VDUI) and the stratum intact moist dune heathland (VHEI). The four bars per group represent years (from left to right) 1993, 2000, 2010 and 2017.



### Vergrassing/verruiging

Er is ook gekeken of er veranderingen zijn opgetreden in de totale bedekking van hoge grassoorten, te weten duinriet (*Calamagrostis epigejos*), zandzegge (*Carex arenaria*), helm (*Ammophila arenaria*) en riet (*Phragmites australis*). De gemiddelde totale abundantie van deze vier ruige grassoorten is berekend per PQ en vergeleken tussen begraasde en onbegraasde plots. In de onbegraasde plots trad geen significante verandering op (figuur 3.5). In de begraasde plots was in het stratum *vergraste duinvalleien* sprake van enige afname, terwijl in het stratum *intacte vochtige duinheiden* sprake was van een toename in de tijd.



**Figuur 3.5.** Gemiddelde totale abundantie (met standaard deviatie) van hoge grassoorten (duinriet, zandzegge, helm en riet) in onbegraasde (ONB) begraasde plots (BEGR) in 1993, 2000, 2010 en 2017 in het stratum vergraste duinvalleien (VDUI) en het stratum vochtige duinheiden (VHEI). De vier staven per groep vertegenwoordigen van links naar rechts de jaren 1993, 2000, 2010 en 2017.

**Figure 3.5.** Average total abundance (with sd) of tall grasses (*Calamagrostis epigejos*, *Carex arenaria*, *Ammophila arenaria* and *Phragmites australis*) in ungrazed (ONB) grazed plots (BEGR) in 1993, 2000, 2010 and 2017 in the stratum encroached moist dune valleys (VDUI) and the stratum intact moist dune heathland (VHEI). The four bars per group represent the years (from left to right) 1993, 2000, 2010 and 2017.

## 3.4 Lokale typologie

In tabel 3.4 staat het resultaat van clusteranalyse met behulp van het programma TWINSpan. De 210 opnamen konden worden ingedeeld in een achttal (lokale) vegetatietypen:

- Type 1: vochtige duinvallei met blauwe zegge (*Carex panicea*) en grote veenbes (*Vaccinium macrocarpon*)
- Type 2: vochtige duinvallei met grote veenbes, zwarte zegge (*Carex nigra*) en drienerlige zegge (*Carex trinervis*)
- Type 3: vochtige duinheide met moeraswalstro (*Galium palustre*)
- Type 4: vochtige duinheide met kraaihei (*Empetrum nigrum*), gewone dophei (*Erica tetralix*) en grote veenbes
- Type 5: duinheide met kraaihei en zandzegge
- Type 6: duinheide met kraaihei en gewone dophei
- Type 7: relatief soortenrijk droog duingrasland met (korst)mossen
- Type 8: relatief soortenarm droog duingrasland met dominantie van zandzegge (*Carex arenaria*)

Feitelijk gaat het dus om drie hoofdgroepen: vochtige duinvallei (type 1, 2), vochtige en droge duinheide (type 3, 4, 5, 6) en droog duingrasland (type 7, 8).

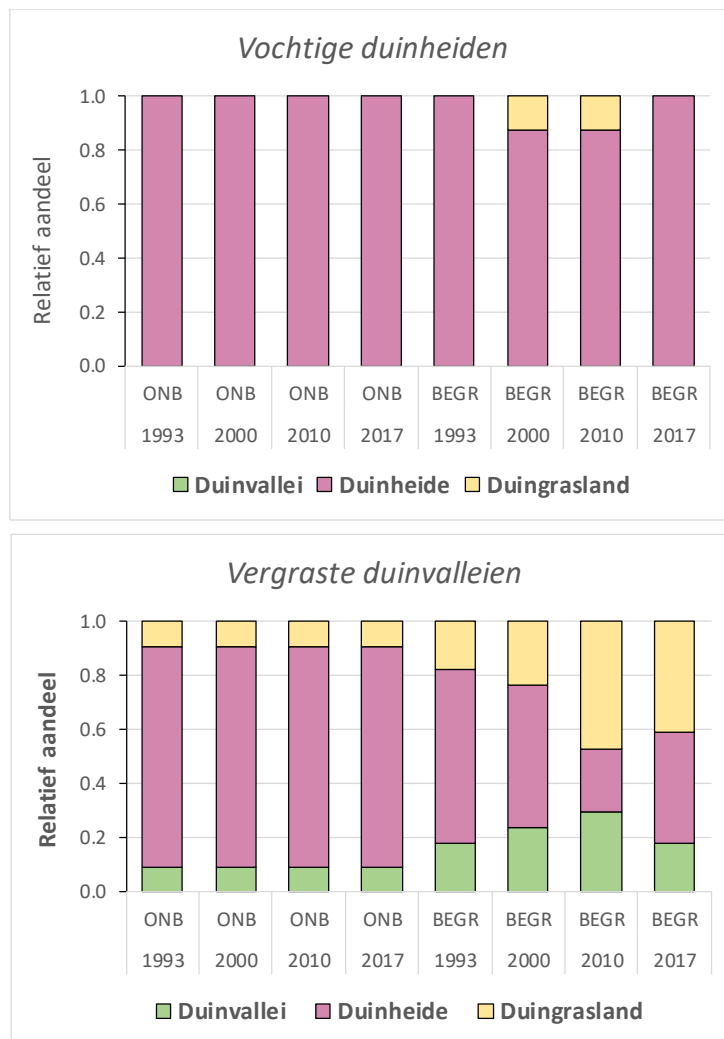
**Tabel 3.4.** Synoptische tabel van de onderscheiden lokale vegetatietypen met de trouwheidsgraad van soorten. Typen 1 en 2 zijn begroeiingen van vochtige duinvalleien, type 3 t/m 6 van droge en vochtige duinheiden en type 7 en 8 van droge duingraslanden (n=210 opnamen).

**Table 3.4.** Synoptic table of different local vegetation types with the fidelity of species. Types 1 and 2 are vegetation of moist dune valleys, types 3 to 6 of dry and moist dune heathland and types 7 and 8 of dry dune grasslands (n = 210 relevés).

Soort	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8
Aantal opnamen	5	22	3	29	24	89	32	6
<i>Lotus pedunculatus</i>	<b>53</b>	5						
<i>Carex panicea</i>	<b>43</b>	30	32					
<i>Agrostis canina</i>	<b>43</b>	15						
<i>Mentha aquatica</i>	<b>42</b>							
<i>Ranunculus flammula</i>	<b>42</b>							
<i>Vaccinium macrocarpon</i>	<b>44</b>	<b>44</b>	18	23				
<i>Carex nigra</i>	27	<b>47</b>						
<i>Phragmites australis</i>		<b>40</b>						
<i>Salix repens</i>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	25				
<i>Potentilla erecta</i>	18	<b>26</b>	8	15				
<i>Carex trinervis</i>		<b>32</b>	1	29				
<i>Empetrum nigrum</i>			13	22	19	<b>38</b>	<b>5</b>	
<i>Kindbergia praelonga</i>	4		<b>86</b>					
<i>Prunella vulgaris</i>			<b>78</b>					
<i>Galium palustre</i>	38		<b>76</b>					
<i>Calliergonella cuspidata</i>	11		<b>68</b>					
<i>Erica tetralix</i>		22		<b>41</b>		21		
<i>Dryopteris carthusiana</i>					<b>48</b>			
<i>Lophocolea heterophylla</i>					<b>43</b>	2		
<i>Cladonia portentosa</i>						<b>41</b>	23	
<i>Dicranum scoparium</i>						<b>48</b>	<b>62</b>	
<i>Hypnum jutlandicum</i>	7					<b>32</b>	15	29
<i>Luzula campestris</i>	3						<b>65</b>	
<i>Veronica officinalis</i>							<b>63</b>	19
<i>Hieracium pilosella</i>							<b>59</b>	
<i>Hypnum cup. + H.andoi</i>						15	<b>58</b>	
<i>Hypochaeris radicata</i>	5						<b>56</b>	2
<i>Rumex actosella</i>	9						<b>54</b>	5
<i>Aira praecox</i>							<b>50</b>	
<i>Ceratodon purpureus</i>							<b>44</b>	
<i>Hieracium umbellatum</i>						8	<b>42</b>	
<i>Cladonia scabriuscula</i>						4	<b>42</b>	
<i>Cladonia fimbriata</i>							<b>42</b>	
<i>Galium verum</i>							<b>40</b>	17
<i>Senecio sylvaticus</i>							11	<b>77</b>
<i>Cerastium fontanum</i>							20	<b>61</b>
<i>Stellaria media</i>							2	<b>50</b>
<i>Viola canina</i>							7	<b>47</b>
<i>Lophocolea bidentata</i>	20							<b>40</b>

Zoals in de inleiding vermeld is bij het uitzetten van de plots in 1993 uitgegaan van twee strata, te weten *vergraste duinvalleien* en intacte *vochtige duinheiden*. Bij het toedelen van lokale vegetatietypen aan PQ's kwam deze tweedeling niet terug. De PQ's die in 1993 waren geassocieerd als *vochtige duinheiden* behoorden vrijwel allemaal tot type 6. De PQ's die in 1993 waren geassocieerd als *vergraste duinvalleien* bestonden deels ook uit type 6 en daarnaast uit enkele andere typen (figuur 3.6; Bijlagen 4 en 5).

In het stratum *vergraste duinvalleien* trad in de begraasde plots een verschuiving op in vegetatietypen, waarbij duinheidebegroeiingen afnamen ten gunste van droog duingrasland en vochtige duinvalleibegroeiing. Kraaihei nam in deze plots af in bedekking, ten gunste van duingrasland- of vochtige duinvalleisoorten. In de onbegaasde plots bleef het vegetatietype hetzelfde.



**Figuur 3.6.** Toedeling van de onbegaasde (ONB) en begraasde (BEGR) plots van het stratum vochtige duinheiden (boven) en van het stratum vergraste duinvalleien (onder) in de afzonderlijke meetjaren aan vegetatietypen behorend tot vochtige duinvalleien, duinheiden of droog duingrasland.

**Figure 3.6.** Allocation of the ungrazed (ONB) and grazed (BEGR) plots of the stratum intact moist dune heathland (top) and of the stratum encroached moist dune valleys (bottom) in separate research years to vegetation types belonging to moist dune valleys, moist to dry dune heathland or dry dune grassland.

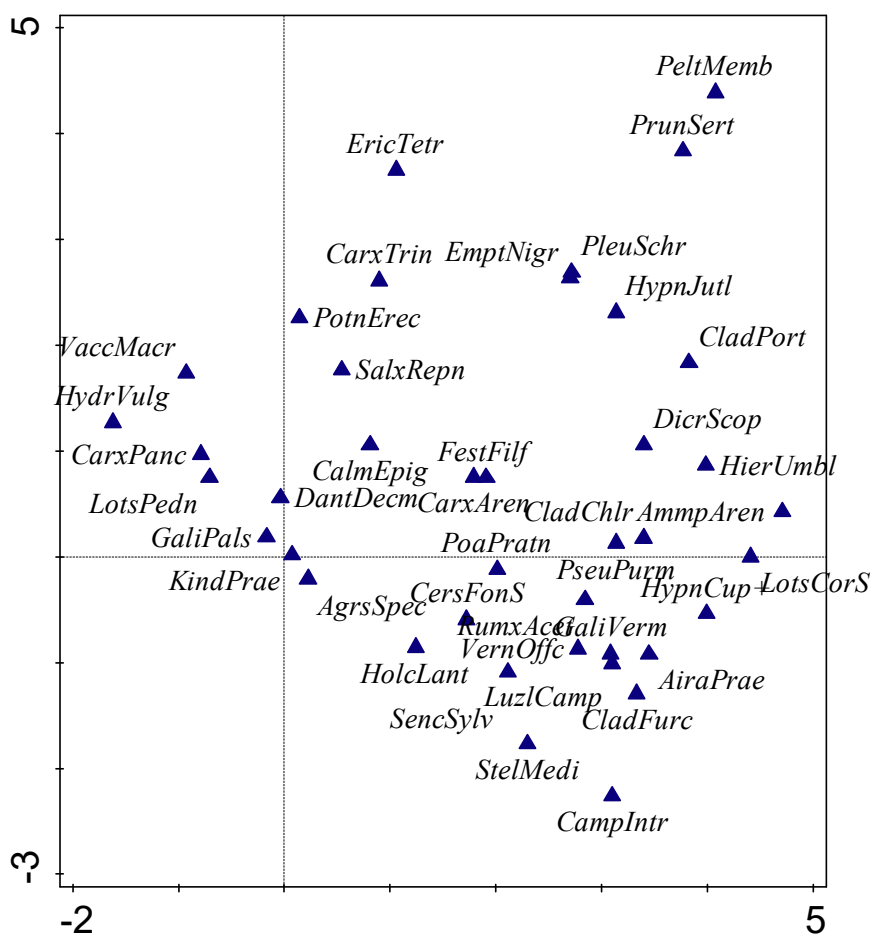
### 3.5 Multivariate analyses

Er is een aantal multivariate analyses uitgevoerd, te weten:

- nulmeting: soortensamenstelling begraasde en onbegraasde PQ's bij de start van het experiment in 1993;
- effectmeting: soortensamenstelling begraasde en onbegraasde PQ's na 24 jaar zonder en met begrazen in 2017;
- trends in tijd, zowel in de begraasde als in de onbegraasde PQ's in de exclusures.

#### Nulmeting: uitgangssituatie 1993

Met het programma CANOCO is de uitgangssituatie geanalyseerd, waarbij de soortensamenstelling van begraasde en onbegraasde PQ's bij de start van het experiment in 1993 is vergeleken aan de hand van *detrended correspondence analysis (downweight of rare species)*. Het soortenplot staat in figuur 3.7. De x-as vertegenwoordigt een vochtgradiënt (links vochtig, rechts droog) en de y-as vertegenwoordigt een gradiënt van arme zandige bodem (onder) naar wat voedselrijkere en venige bodem (boven).

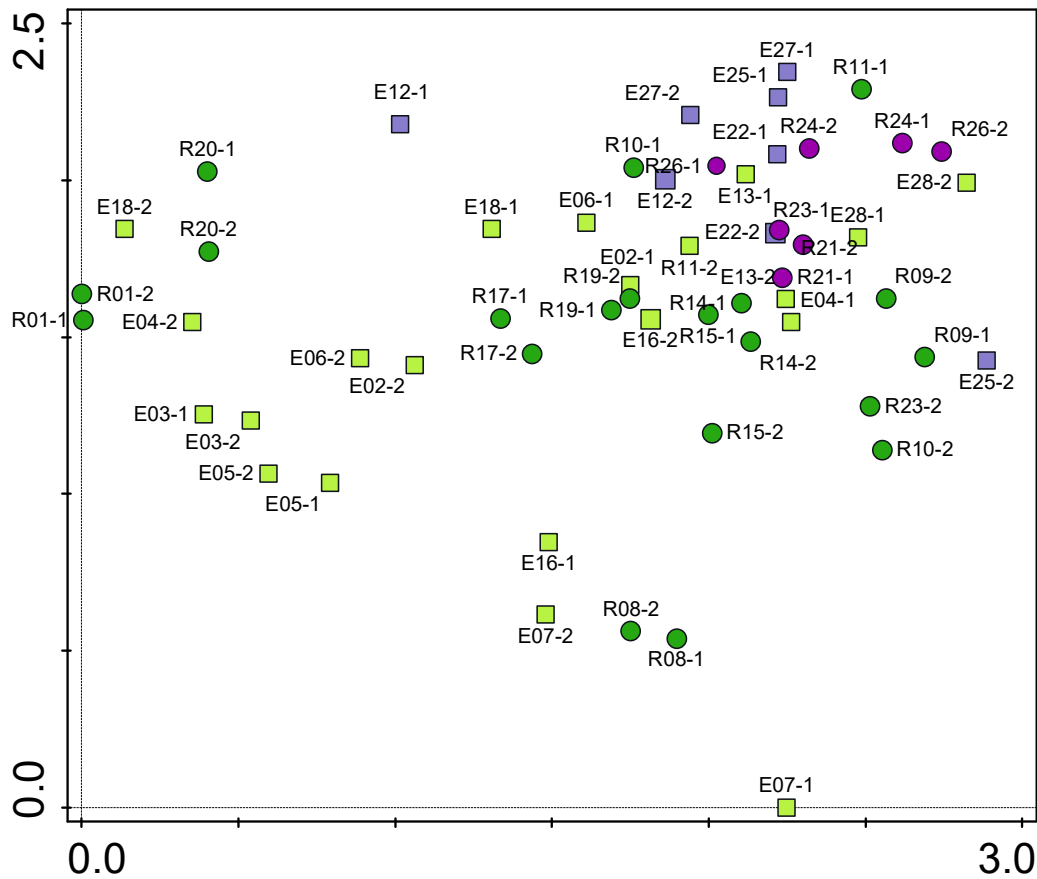


**Figuur 3.7.** DCA soortenplot van de begraasde en onbegraasde PQ's in 1993 (alleen de 40 meest algemene soorten zijn weergegeven).

**Figure 3.7.** DCA species plot of grazed and ungrazed PQs in 1993 (only the 40 most common species are shown).

In het DCA diagram (figuur 3.8) is duidelijk te zien dat in 1993 vooral bij het stratum *vergraste duinvalleien* er veel variatie in soortensamenstelling voorkwam tussen de PQ's, samenhangend met verschillen in vochttoestand en voedselrijkdom (zandig of venig) van de bodem. De PQ's in het stratum *vochtige duinheiden* vertoonden onderling meer gelijkenis. Verder laat het diagram ook duidelijk zien dat er tussen de strata overlap voorkwam, waarbij

meerdere plots uit het stratum *vergraste duinvalleien* een soortensamenstelling hadden die overeenkwam met die van *vochtige duinheiden*.

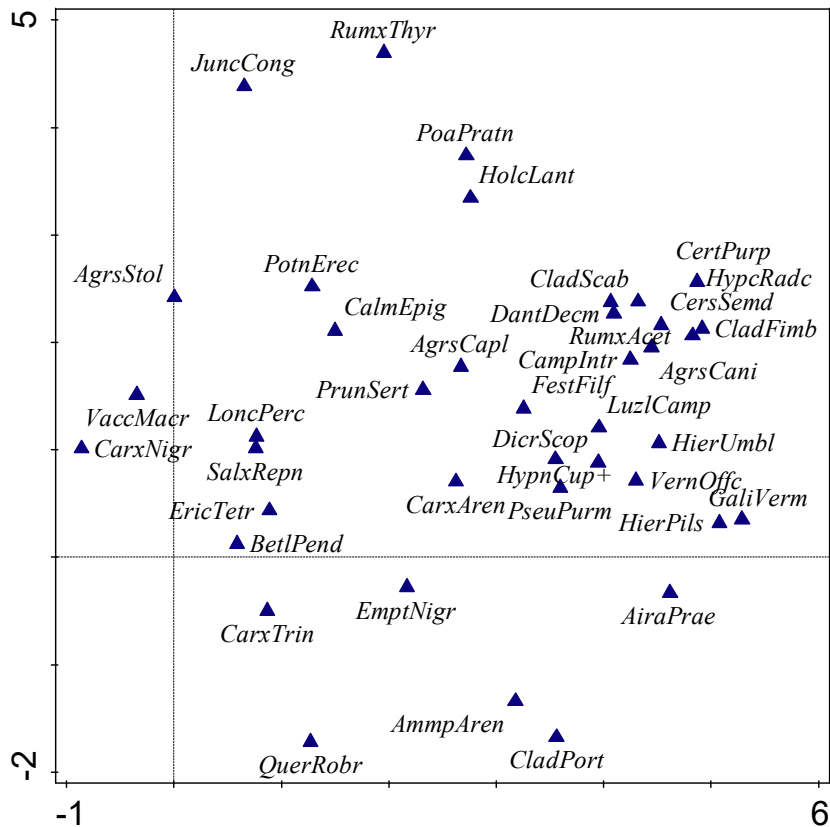


**Figuur 3.8.** DCA diagram van de onbegraasde en begraasde plots bij de start van het experiment in 1993 (stratum 'vergraste duinvalleien': lichtgroene vierkantjes = onbegraasd; donkergroene rondjes = begraasd; stratum 'vochtige duinheiden': lila vierkantjes = onbegraasd; paarse rondjes = begraasd. E-codes zijn onbegraasde plots en R-codes begraasde plots.

**Figure 3.8.** DCA diagram of ungrazed and grazed plots at the start of the experiment in 1993 (stratum 'encroached dune valleys': light green squares = ungrazed; dark green circles = grazed | stratum intact moist dune heathland': lilac squares = ungrazed; purple circles = grazed. E codes are ungrazed plots (exclosures) and R codes grazed plots (reference).

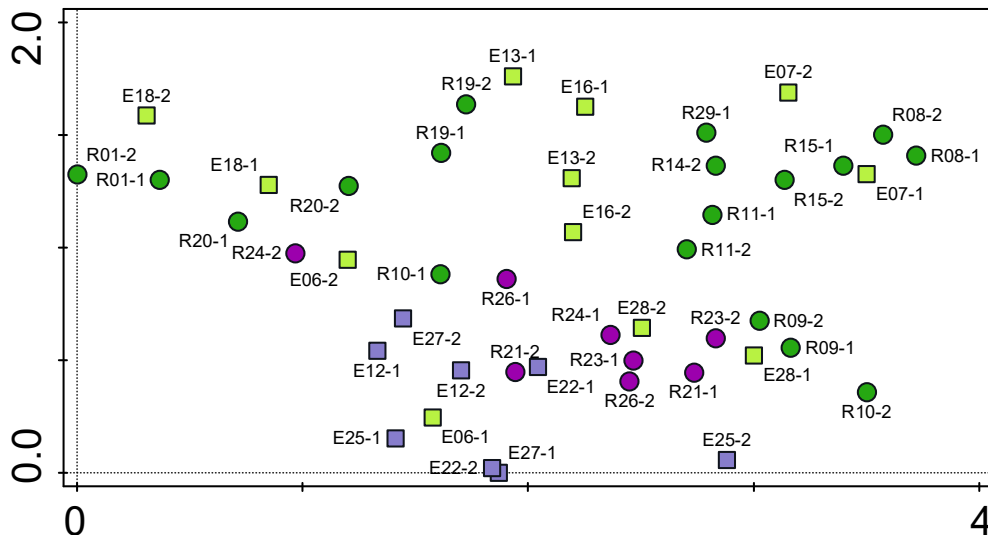
### Effectmeting na 24 jaar begrazing

Vierentwintig jaar na de start van het begrazingsexperiment (2017) is de soortensamenstelling van de begraasde en onbegraasde PQ's nogmaals vergeleken. Het soortenplot staat in figuur 3.9 en geeft informatie over de betekenis van de beide assen. Ook in deze figuur zijn weer twee duidelijke gradiënten zichtbaar waarbij de x-as weer een vochtgradiënt laat zien van vochtig (links) naar droog (rechts) en de y-as en gradiënt in voedselrijkdom van arm zand (rechtsboven) naar wat voedselrijker en weinig (linksonder).



**Figuur 3.9.** DCA soortenplot van de begraasde en onbegraasde PQ's in 2017 (alleen de 40 meest algemene soorten zijn weergegeven).

**Figure 3.9.** DCA species plot of grazed and ungrazed PQs in 2017 (only the 40 most common species are shown).



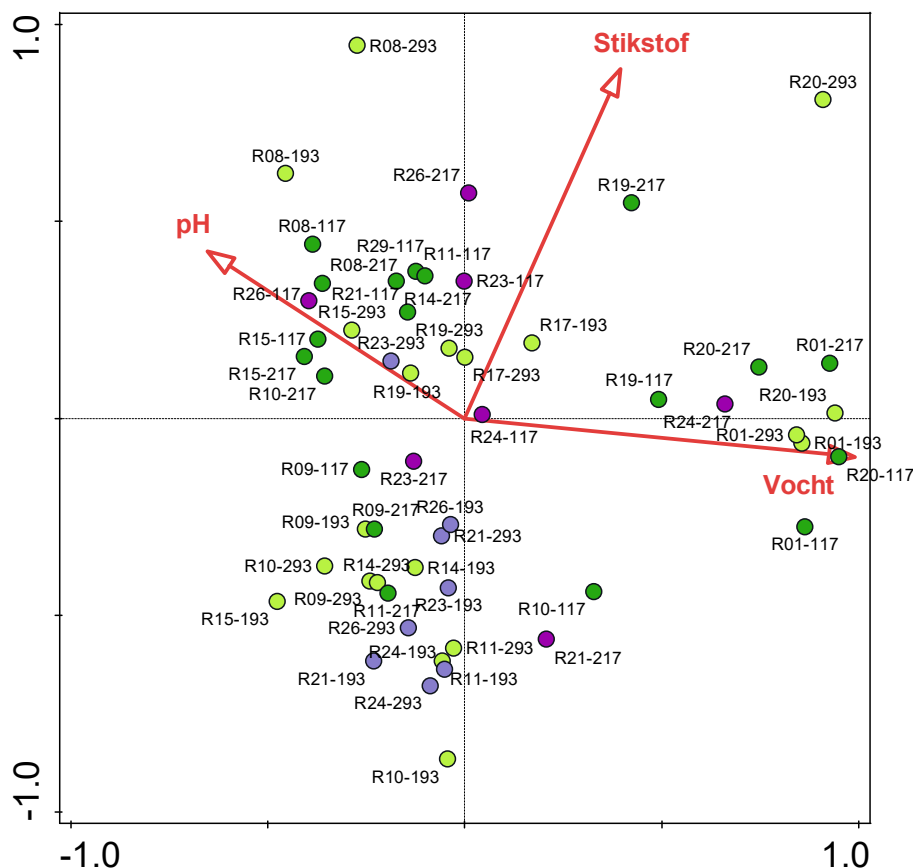
**Figuur 3.10.** DCA diagram van de onbegraasde en begraasde plots na 24 jaar in 2017 (stratum 'vergraste duinvaleien': lichtgroene vierkantjes = onbegraasds; donkergroene rondjes = begraasde plots; stratum 'vochtige duinheiden': lila vierkantjes = onbegraasd; paarse rondjes = begraasd. E-codes zijn onbegraasd en R-codes begraasde plots).

**Figure 3.10.** DCA diagram of ungrazed and grazed plots after 24 years in 2017 ((stratum 'encroached dune valleys': light green squares = ungrazed; dark green circles = grazed | stratum intact moist dune heathland': lilac squares = ungrazed; purple circles = grazed. E codes are ungrazed plots (exclosures) and R codes grazed plots (reference)).

In het DCA diagram van 2017 zijn de PQ's van het stratum *vochtige duinheiden* qua soortensamenstelling nog steeds duidelijk te onderscheiden van de meeste PQ's van het stratum *vergraste duinvalleien* (figuur 3.10). Wel is de spreiding langs de x-as wat groter dan in 1993, wat er op wijst dat het verschil tussen vochtige (links in het diagram) en droge locaties (rechts) wat groter is geworden. Bij het stratum *vergraste duinvalleien* zijn er geen opvallende verschillen tussen de begraasde en de onbegraasde PQ's, althans niet qua soortensamenstelling. Bij het stratum *vochtige duinheiden* zijn de onbegraasde PQ's wat meer gescheiden te komen liggen van de begraasde plots, waarbij de onbegraasde plots wat zijn verschoven naar veniger/voedselrijkere bodem ten opzichte van de begraasde plots.

### Trends in de tijd met en zonder begrazing

Vervolgens is met behulp van *canonical correspondence analysis* (CCA) gekeken naar trends in de tijd, zowel in de begraasde als de onbegraasde plots.

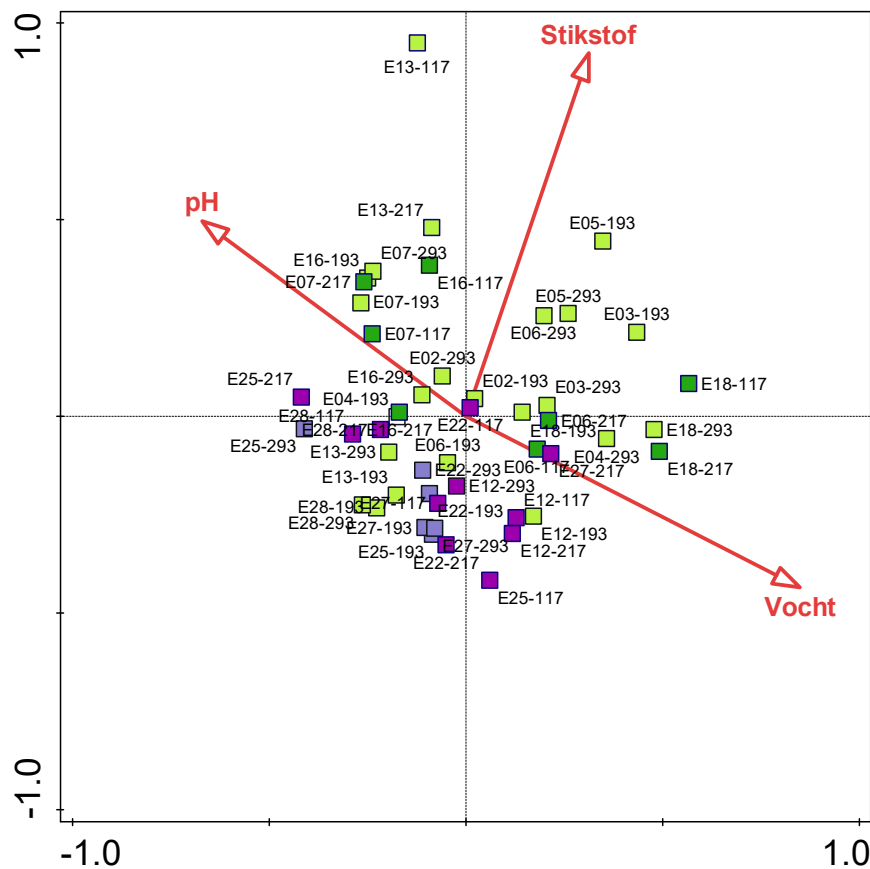


**Figuur 3.11.** CCA diagram van de begraasde PQ's bij de start van het experiment in 1993 en na 24 jaar in 2017. Stratum 'vergraste duinvalleien': lichtgroene rondjes 1993, donkergroene rondjes 2017; stratum 'vochtige duinheiden': lila rondjes 1993; paarse rondjes 2017.

**Figure 3.11.** CCA diagram of grazed PQ's at the start of the experiment in 1993 and after 24 years in 2017. Stratum "encroached moist dune valleys": light green circles 1993, dark green circles 2017; stratum "intact moist dune heathland": lilac circles 1993; purple circles 2017.

In het CCA diagram zijn zowel binnen de groep van begraasde PQ's in het stratum *vergraste duinvalleien* als binnen het stratum *vochtige duinheiden* veel PQ's verschoven richting meer stikstof (Ellenberg N) (figuur 3.11). Ook lijkt er binnen de vergraste duinvalleien sprake van enige verdroging en stijging van de bodem pH (Ellenberg zuurgraad). Enkele begraasde PQ's zijn duidelijk wat vernat (R19-1, R24-2).

Eenzelfde vergelijking in de tijd is gemaakt voor de PQ's binnen de onbegraasde plots (figuur 3.12). Wat opvalt is dat de PQ's dichterbij elkaar liggen. De soortensamenstelling is dus minder verschillend. Verder is er ook hier een verschuiving zichtbaar in de richting van meer stikstof, zij het alleen binnen het stratum *vergraste duinvalleien*.



**Figuur 3.12.** CCA diagram van de *onbegraasde PQ's* bij de start van het experiment in 1993 en na 24 jaar in 2017. Stratum 'vergraste duinvalleien': lichtgroene vierkantje 1993, donkergroene vierkantjes 2017; stratum 'vochtige duinheiden': lila vierkantjes 1993; paarse vierkantjes 2017.

**Figure 3.12.** CCA diagram of *ungrazed PQs* at the start of the experiment in 1993 and after 24 years in 2017. Stratum "encroached moist dune valleys": light green square 1993, dark green squares 2017; stratum "intact moist dune heathland": lilac squares 1993; purple squares 2017.

### 3.6 Grondwaterstanden

In Vallei van het Veen zijn meerdere peilbuizen aanwezig, waarvan de peilhoogtes al ruim 20 jaar tweewekelijks of zelfs dagelijks worden afgelezen (figuur 3.13). Van een aantal daarvan zijn de meetgegevens, beschikbaar in het DINO-loket van TNO Delft (Geologische Dienst Nederland), over de afgelopen jaren geanalyseerd (tabel 3.5).





**Figuur 3.13.** Vallei van het Veen met de ligging van het drietal peilbuizen (rood), waarvan de grondwaterstand gegevens zijn geanalyseerd. In geel de ligging van de onderzoekplots.

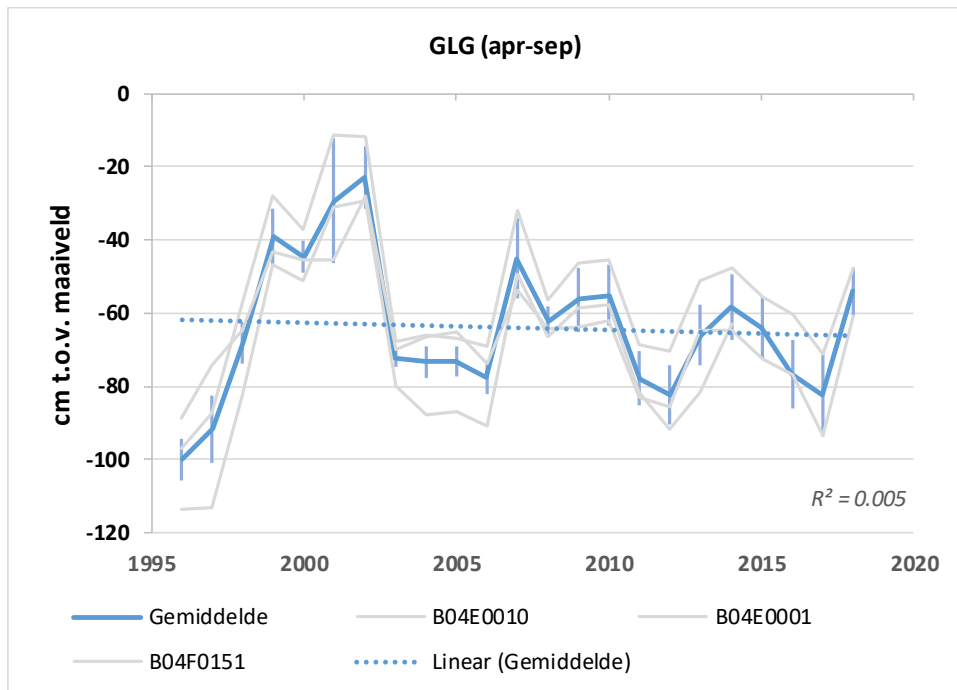
**Figure 3.13.** Research area Vallei van het Veen with location of three groundwater monitoring spots (red) used for analyses. The location of the research plots for vegetation and fauna is shown in yellow.

**Tabel 3.5.** Ligging van de peilbuizen die zijn gebruikt voor een analyse van de grondwaterstanden in de periode 1996-2018.

**Table 3.5.** Location of the monitoring wells used for analysis of groundwater levels in the period 1996-2018.

Code peilbuis	Externe code	Periode	x-coörd.	y-coörd.	Maaiveld m +NAP
B04E0001	04EP0002	1996-2018	129060	588310	3,89
B04E0010	04EP7001	1974-2016	129690	588740	2,85
B04F0151	04FP7004	1996-2018	130600	588650	4,32

Voor de vegetatie is met name de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van belang tijdens het groeiseizoen. Voor de drie peilbuizen is het verloop in GLG (periode 1 april-30 september) weergegeven in figuur 3.14. Gezien de synchroniciteit van de grondwaterstanden mag worden geconcludeerd dat deze peilbuizen hetzelfde freatische vlak aanboren. Verder is duidelijk te zien dat er sterke fluctuaties zijn van jaar tot jaar, samenhangend met jaarlijkse verschillen in de netto neerslag. De periode 1999-2002 was duidelijk een natte periode resulterend in relatief hoge grondwaterstanden. De jaren daarna fluctueert de GLG op een wat lager niveau rond 50- 80 cm onder maaiveld. Beschouwt over de gehele onderzoeksperiode was er geen sprake van een significante vernatting of verdroging.



**Figuur 3.14.** Jaarlijkse fluctuatie van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in de periode 1 april-30 september, vastgesteld aan de hand van een drietal peilbuizen in de Vallei van het Veer gedurende de periode 1996-2018.

**Figure 3.14.** Annual fluctuation of the average lowest groundwater level (GLG) in the period April 1 to September 30, determined on the basis of three monitoring spots in the Peat Valley during the period 1996-2018.

### 3.7 Belangrijkste conclusies

- In de uitgangssituatie in 1993 is gekozen voor twee strata: de effecten van begrazing zouden worden vastgesteld in *vergraste duinvalleien*. Tegelijkertijd zou worden gekeken of er geen schadelijke effecten zouden optreden in het stratum *intacte vochtige duinheiden*. Analyse van de vegetatiedata in 1993 wijst uit dat in de praktijk de meeste plots in *vergraste duinvalleien* konden worden gerekend tot de droge variant van het habitatype Duinheiden met kraaihei (H2140B), net als de plots in het stratum *vochtige duinheiden*. Slechts enkele plots konden in 1993 worden gerekend tot het habitatype H2190C Vochtige duinvalleien (kalkarm). In de data-analyse van de vegetatie zijn de veranderingen in de vegetatie wel steeds voor beide strata apart geanalyseerd.
- **Dit betekent dat de conclusies van dit begrazingsexperiment vooral betrekking hebben op de droge variant van het habitatype Duinheiden met kraaihei (H2140B).**
- In de begraasde plots is het aantal plantensoorten na 24 jaar begrazing significant groter dan in de onbegraasde plots. De verschillen zijn het grootst in 2010, daarna neemt het verschil weer wat af, waarschijnlijk als gevolg van de oplopende graasdruk door met name Soay schapen. Het grotere aantal soorten in de begraasde plots betreft zowel het aantal vaatplanten- als (korst)mossen. Dit geldt zowel voor het stratum *vergraste duinvalleien* als voor het stratum *vochtige duinheiden*.
- In afwezigheid van begrazing bleef de bedekking van ruige vegetatie met grassoorten als duinriet, zandzegge, helm of riet min of meer gelijk. In de begraasde plots was er een trend tot afname in het stratum *vergraste duinvalleien*, terwijl deze significant toename in het stratum *vochtige duinheiden*.
- Er was een duidelijk significant effect van de grazers op het tegengaan van de opslag van Amerikaanse vogelkers. De opslag van deze soort nam het meest toe binnen de exclusies.

- De grootste verschuiving in (lokale) vegetatietypen trad op in het stratum *vergraste duinvalleien* in de begraasde plots, waar duinheide begroeiingen (type 3, 4, 5 en 6) afnamen ten gunste van droog duingrasland begroeiingen (type 7 en 8) en vochtige duinvallei vegetaties (type 1 en 2).
- De PQ's in het stratum *vochtige duinheiden* zijn gedurende de 24 jaar qua soortensamenstelling min of meer stabiel gebleven, zowel met als zonder begrazing. De onbegraasde plots zijn wat soortenarmer geworden.
- Kraaihei (een soort gevoelig voor betreding) nam enigszins af in de tijd, maar deze afname trad in alle plots op, zowel begraasd als onbegraasd.
- Drienervige zegge, een typische soort voor zowel de vochtige als droge variant van het habitatype Duinheide met kraaihei (respectievelijk H2140A en H2140B), kwam bij de start van het experiment in 1993 in ongeveer de helft (46%) van de PQ's voor. Na 24 jaar was dit gedaald naar 35%. De afname deed zich vooral voor in de exclusures en impliceert kwaliteitsverlies van het habitatype in plots zonder begrazing.
- Een aantal soorten van droge duingraslanden is onder invloed van begrazing duidelijk toegenomen (o.a. gewone veldbies, gewoon struisgras, tormentil, mannetjesereprijs en gewoon biggenkruid).
- Over de hele periode was er, afgemeten aan de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), geen sprake van vernatting of verdroging. Wel waren de jaren 1999-2002 beduidend natter dan de overige jaren.

### **Eindconclusie ontwikkeling vegetatie**

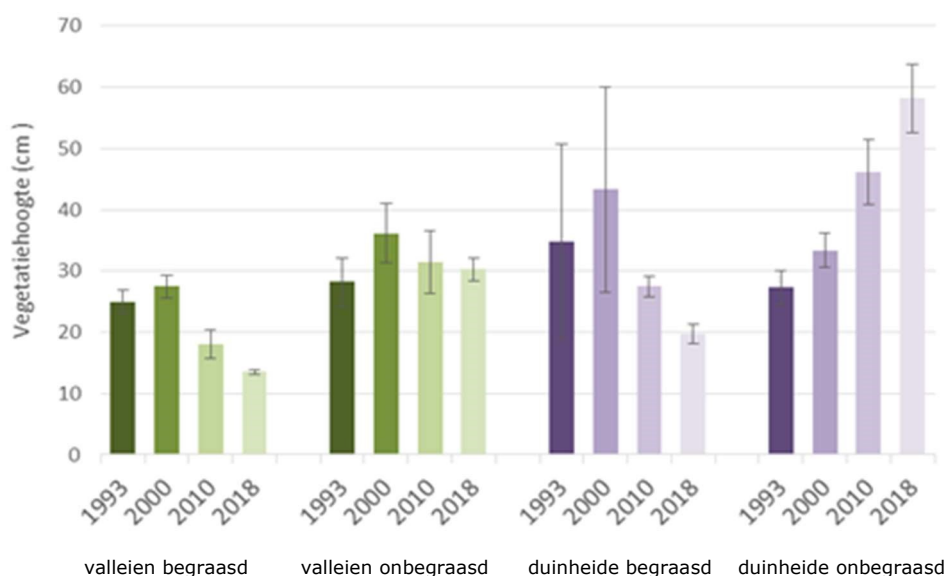
Al met al kan worden geconcludeerd dat het effect van begrazing met runderen en schapen op het habitatype Duinheiden met kraaihei (H2140) positief is. Het belangrijkste effect is het tegengaan van verstruweling door met name Amerikaanse vogelkers en de toename van soorten van droog duingrasland. Er zijn geen negatieve effecten geconstateerd van begrazing op het stratum *intacte vochtige duinheiden*. In afwezigheid van begrazing trad een geleidelijke afname van plantensoorten op, zowel van vaatplanten als (korst)mossen.



## 4 Ontwikkelingen in vegetatiestructuur, microklimaat, bloemaanbod en bodem

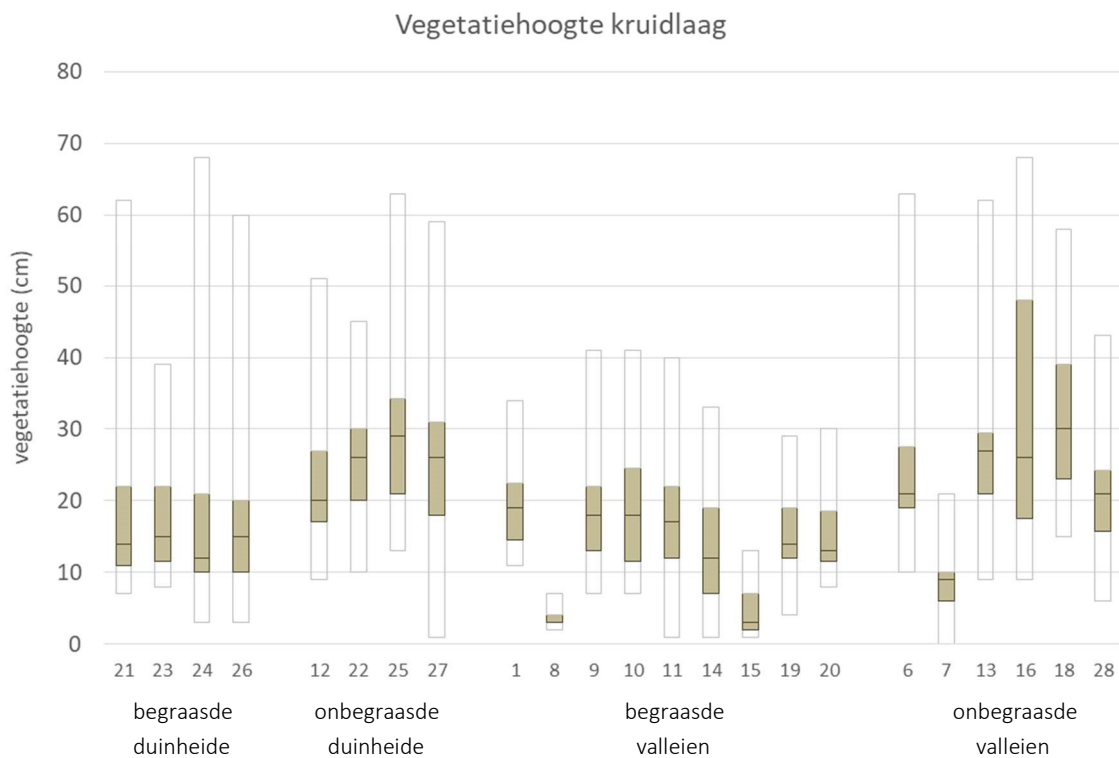
### 4.1 Variatie in vegetatiestructuur kruidlaag

Een belangrijke reden om in 1993 begrazing in te stellen in de Vallei van het Veen was het terugdringen van vergrassing en de opslag van houtige gewassen (verstruweling). In figuur 4.1 is de vegetatiehoogte van de kruidlaag weergegeven voor begraasde en onbegraasde plots in valleien en duinheide. Metingen in opslag van struweel en bomen zijn apart geanalyseerd (§4.2), de begroeiing van heide en kruipwilg is wel met de kruidlaag mee geanalyseerd. Zoals eerder vastgesteld (Van Wingerden *et al.* 2001) werd de groei van de vegetatie in valleien tussen 1993 en 2000 met een lage begrazingsdruk zodanig afgeremd dat de vegetatiehoogte in begraasde valleien gelijk bleef, terwijl in onbegraasde valleien de gemiddelde vegetatiehoogte toenam. Na de verdubbeling van de veebezetting (vanaf 2001) nam in begraasde valleien de vegetatiehoogte significant af, een effect wat na de toename van het aantal schapen (sinds 2012) verder doorzette. In de onbegraasde valleien veranderde de vegetatiehoogte niet significant in dezelfde periode. In de begraasde valleien nam de variatie in vegetatiestructuur af bij toenemende veebezetting. In duinheide was al bij aanvang in 1993 en bij de eerste effectmeting in 2000 de variatie in vegetatiehoogte in begraasde plots groter dan in onbegraasde plots. De lage veebezetting in deze periode had geen duidelijk effect op de ontwikkeling van de vegetatiehoogte; deze nam zowel in twee van de 4 begraasde plots als in 3 van de 4 onbegraasde plots significant toe (Van Wingerden *et al.* 2001). Ook in begraasde duinheide nam bij toename van de veebezetting vanaf 2001 en wederom in 2012 zowel de gemiddelde vegetatiehoogte als de variatie in vegetatiehoogte sterk af, terwijl deze in onbegraasde duinheide juist toenam.



**Figuur 4.1.** Gemiddelde hoogte van de vegetatie (cm  $\pm$  stdev) in de kruidlaag in begraasde en onbegraasde onderzoekplots in vergraste duinvalleien en intacte duinheide. Metingen aan boom en struweelopslag zijn in deze analyse uitgesloten, heide en kruipwilg is wel mee geanalyseerd.

**Figure 4.1.** Average height of the vegetation (cm  $\pm$  sd) in the herb layer in grazed and ungrazed research plots in grazed dune valleys and intact dune heather. Measurements of tree and thicket storage are excluded in this analysis, but heather and creeping willow have been included.



**Figuur 4.2.** Vegetatiehoogte van de kruidlaag in 2018 in begraasde (21-26) en onbegraasde (12-27) intacte vochtige duinheide en in begraasde (1-20) en onbegraasde (6-18) vergraste duinvalleien (mediaan met 50% van waarnemingen; lichte balken geven de volledige spreiding tussen minimum en maximum). Plot 7 is kapot geweest in 2016 waardoor grazers tijdelijk toegang hadden.

**Figure 4.2.** Vegetation height of the herb layer in 2018 in grazed (21-26) and ungrazed (12-27) intact moist dune heathland and in grazed (1-20) and ungrazed (6-18) encroached dune valleys (median with 50% of observations; light bars indicate the full spread between minimum and maximum). Plot 7 was damaged in 2016 giving temporarily access to grazers.

Geconcludeerd kan worden dat de lage bezetting van 0.07 GVE de groei van de kruidlaag (grassen, kruiden, heide en kruipwilg) afremt, maar niet terugdringt. Een veebezetting van 0,14 GVE en hoger heeft wel genoeg invloed om de vegetatiehoogte sterk terug te zetten.

In figuur 4.2 is voor de kruidlaag de gemiddelde hoogte en de variatie in hoogte per plot weergegeven voor het onderzoeksjaar 2018. Zowel in duinheide als in duinvalleien is duidelijk te zien dat in begraasde plots een lagere vegetatiehoogte optreedt dan in onbegraasde plots. Met name de plots 8 en 15 zijn zeer sterk begraasd en kennen een zeer korte en eenvormige vegetatiestructuur. De variatie in vegetatiestructuur is in onbegraasde valleien groter dan in begraasde valleien, voornamelijk door het voorkomen van hogere maxima in onbegraasde plots.

Plot 7 is een onbegraasde enclosure direct naast de zeer intensief begraasde plot 8. Van plot 7 is echter het hekwerk in 2016 door runderen zodanig vernield dat runderen en schapen vrij toegang hadden tot de plot. In 2017 is deze enclosure weer gerepareerd, maar de effecten op de vegetatiestructuur zijn in 2018 nog duidelijk zichtbaar.

## 4.2 Opslag en hoogte struweel

In tabel 4.1 en 4.2 en in figuur 4.3 is de huidige situatie van opslag van houtige soorten alsook de ontwikkeling vanaf 1993 weergegeven in begraasde en onbegraasde plots. Twee-derde van de boomopslag bestaat uit Amerikaanse vogelkers (267 ex) en berk (215 ex). Ook Zomereik (132 ex.) komt geregeld voor, Grove den (19 ex.) en Lijsterbes (2 ex.) veel minder. De mate van boomopslag wisselt sterk tussen plots, maar is gemiddeld in duinheide ( $61,3 \pm 48,5$ ) veel groter dan in duinvalleien ( $9,1 \pm 25,1$ ), en in onbegraasde plots ( $45,4 \pm 50,8$ ) groter dan in begraasde plots ( $13,9 \pm 29,4$ ). Ondanks de grote variatie zijn beide verschillen significant (ongepaarde t-toets  $p=0,02$ ).

**Tabel 4.1.** Boomopslag in 2018 in onbegraasde (12-27) en begraasde (21-26) intacte vochtige duinheide en in onbegraasde (6-28) en onbegraasde (1-20) vergraste duinvalleien.

**Table 4.1.** Tree abundance in 2018 in ungrazed (12-27) and grazed (21-26) intact moist dune heathland and in ungrazed (6-28) and ungrazed (1-20) encroached dune valleys.

		Duinheide																tot.
		onbegraasd								Begraasd								
plot		12	22	25	27	21	23	24	26									
Am. Vogelkers		41	2	13	63				25									144
Berk			18	13	31	28		93	21									204
Grove den			2	7	4	2			4									19
Zomereik		11	12	27	63				8									121
Lijsterbes		2																2
Totaal		54	34	60	161	30	0	93	58									490

		Duinvalleien																tot.
		onbegraasd								begraasd								
plot		6	7	13	16	18	28	1	8	9	10	11	14	15	19	20		
Am. Vogelkers		3	5	4	97		14										123	
Berk		9					2										11	
Grove den																	0	
Zomereik		11															11	
Lijsterbes																	0	
Totaal		23	5	4	97	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	

Verskil in boomopslag tussen de verschillende plots blijkt ook uit de hoogtemetingen met de dropdisc. In elke plot zijn 50 random metingen uitgevoerd, waarbij in begraasde duinvalleien geen enkele meting in houtige gewassen plaatsvond, in onbegraasde duinvalleien in 6,8% van de gevallen. In duinheide was dit in respectievelijk 5,6% en 20,6% van de metingen het geval. Daarnaast waren de bomen in de onbegraasde duinheide gemiddeld hoger dan in begraasde duinheide (ongepaarde t-toets  $p=0,024$ ).

**Tabel 4.2.** Hoogtemetingen struweel met dropdisc (vegetatiehoogte kruidlaag is niet opgenomen, zie hiervoor §4.1).

**Table 4.2.** Height measurements of shrubs with drop disc (vegetation height of herb layer is not included, see §4.1).

behandeling	# metingen	% metingen	gemiddelde hoogte	
begraasde duinvallei	450	0	-	-
onbegraasde duinvallei	300	6,8	73,7	$\pm 47,1$
begraasde duinheide	200	5,6	85,1	$\pm 51,9$
onbegraasde duinheide	200	20,6	105,5	$\pm 86,4$

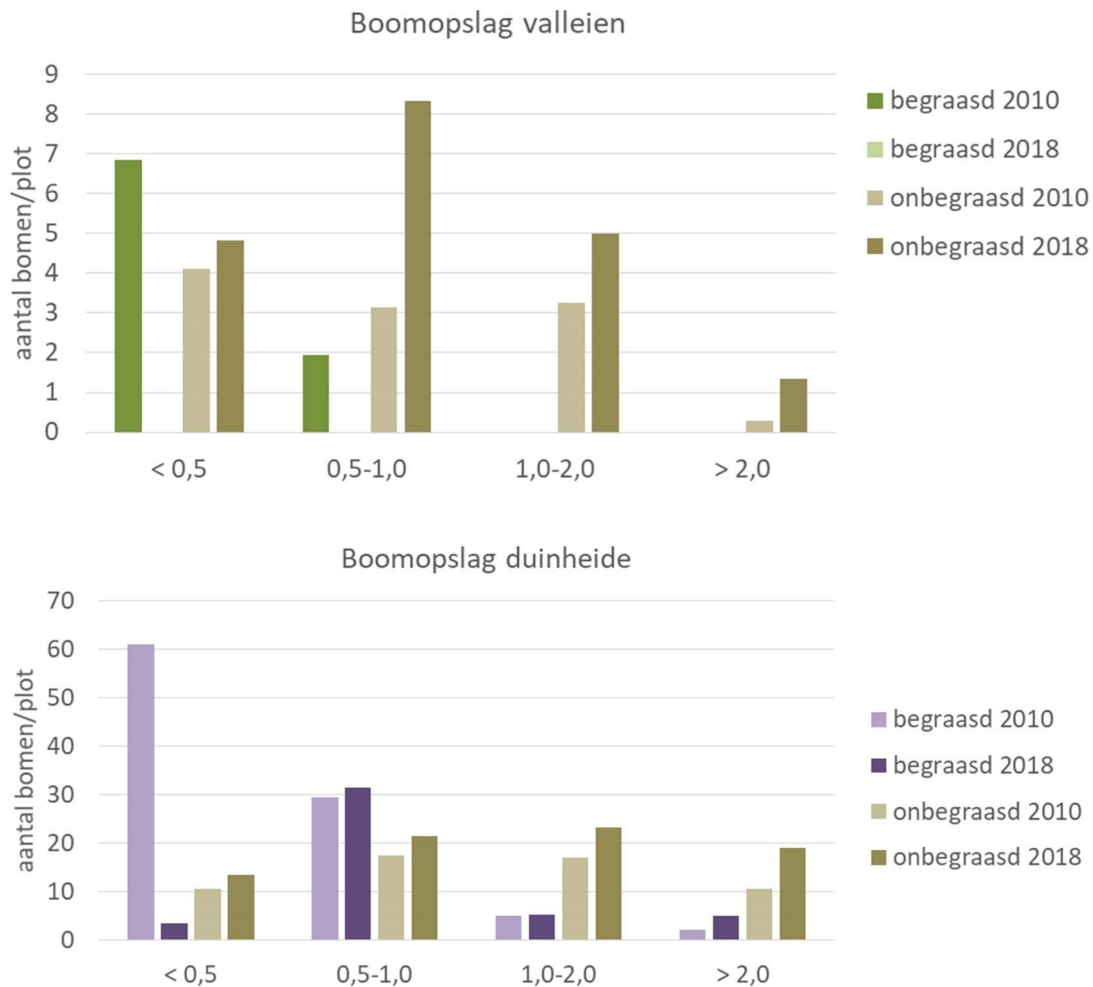


**Figuur 4.3.** Boomopslag in begraasde (21-26) en onbegaasde (12-27) intacte vochtige duinheide en in begraasde (1-20) en onbegaasde (2-18) vergraste duinvalleien. Lege balkjes bij plots 2-5 en plot 17 geven aan dat deze plots voor het onderzoek verloren zijn gegaan en er dus na 2000 geen metingen zijn verricht. Het raster van plot 7 is in 2016 tijdelijk kapot geweest, waardoor grazers toegang hadden.

**Figure 4.3.** Tree abundance in grazed (21-26) and ungrazed (12-27) intact moist dune heathland and in grazed (1-20) and ungrazed (2-18) encroached dune valleys. Empty bars at plots 2-5 and plot 17 indicate lost plots where no measurements were taken after 2000. Plot 7's grid was temporarily damaged in 2016, giving temporarily access to grazers.

Onderzoekspots die in 1993 geen boomopslag kennen, blijven in de daarop volgende jaren nagenoeg boomloos, zeker wanneer ze begraasd worden (figuur 4.4). Waar in begraasde duinvalleien boomopslag plaatsvindt, blijft deze tot en met 2010 beperkt. Na de sterke toename van schapen in 2012 verdwijnt alle opslag in begraasde plots, maar in onbegaasde plots blijft deze gelijk of neemt verder toe. Uiteindelijk is er in 2018 een significant verschil in boomopslag tussen begraasde en onbegaasde plots (ongepaarde t-toets  $p < 0,001$ ). In duinheide treedt in vrijwel alle plots opslag van bomen plaats, maar met grote verschillen tussen plots. Tot en met 2010 is in de meeste plots sprake van een sterke toename van boomopslag, maar na de toename van schapen in 2012 neemt deze in alle begraasde plots weer af, terwijl deze in 3 van de 4 onbegaasde plots verder toeneemt. Door de grote variatie tussen de plots is er geen significant verschil in boomopslag (aantal individuen) tussen begraasde plots en exclusies (ongepaarde t-toets  $p = 0,40$ ).





**Figuur 4.4.** Gemiddelde van boomopslag in begraasde (21-26) en onbegraasde (12-27) intacte vochtige duinheide en in begraasde (1-20) en onbegraasde (2-18) vergraste duinvalleien in 2010 en in 2018. Struikhoogte verdeeld in klassen <50 cm, 50-100cm, 100-200 cm en >200 cm.

**Figure 4.4.** Average tree abundance in grazed (21-26) and ungrazed (12-27) intact moist dune heathland and grazed (1-20) and ungrazed (2-18) encroached moist dune valleys in 2010 and 2018. Shrub height divided into classes <50 cm, 50-100cm, 100-200 cm and > 200 cm.

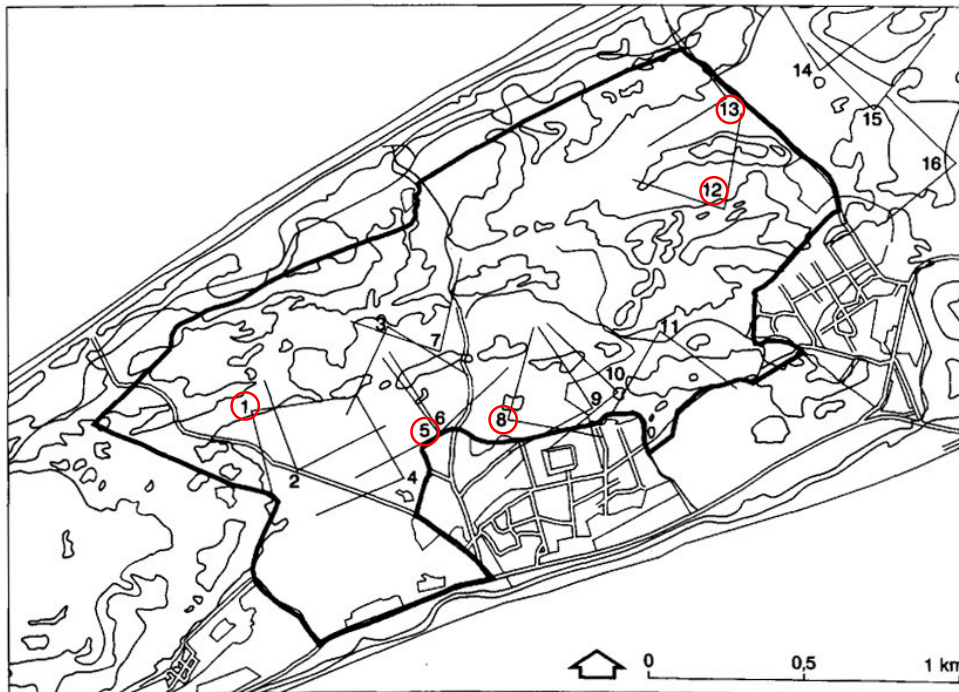
Begrazing heeft ook invloed op de hoogte van de boomopslag. Al in 2000 bleek dat boomopslag tussen de ±50cm en ±150cm hoogte sterk werd begraasd. Boven de 150cm groeide bomen door (maar met een duidelijke vraatlijn), onder de 50cm bleef veel opslag staan maar werd kort gehouden. Dit effect was sterker op berk dan op Amerikaanse vogelkers (Van Wingerden *et al.* 2001). In 2010 bleek dat de verhouding in hoogteklassen sterk verschilde tussen begraasde en onbegraasde plots. In begraasde plots in zowel duinheide als in valleien was er sprake van veel opslag van jonge boompjes onder de 50 cm, maar nauwelijks opslag hoger dan 1 meter. In onbegraasde plots was de dichtheid aan opslag van houtige soorten even groot als in begraasde plots, maar was er een gelijke verdeling over de verschillende hoogteklassen.

Tussen 2010 en 2018 is de structuur van houtige opslag sterk veranderd (figuur 4.4). Zowel in duinvalleien als in duinheide is de grote opslag van kleine boompjes vrijwel volledig verdwenen in begraasde plots, terwijl deze in onbegraasde plots gelijk bleef. In begraasde valleien zijn ook de bomen in de andere hoogteklassen verdwenen, terwijl boompjes in deze klasse in de onbegraasde plots zijn toegenomen. In duinheide is het aantal bomen in de

klassen 50-100cm en 100-200cm gelijk gebleven, en was er boven 200cm wel sprake van een toename. In onbegraasde duinheide nam de boomopslag in alle categorieën (licht) toe.

### 4.3 Veranderingen vegetatiestructuur in beeld

In 1993, 2001 en 2018 zijn op verschillende locaties in het veld panoramafoto's gemaakt (figuur 4.5). Een vergelijking van deze foto's levert een goed beeld op van de veranderingen die in de onderzoeksperiode van 25 jaar hebben plaatsgevonden. Op de volgende pagina's zijn voor 5 locaties de foto's van de verschillende jaren onder elkaar gezet en zijn de belangrijkste verschillen beschreven.



**Figuur 4.5.** Locaties en zichthoek van panoramafoto's die in 1993, 2001 en 2018 zijn genomen. Figuur en nummering uit Van Wingerden *et al.* (1993).

**Figure 4.5.** Locations and angle of view of panoramic photos taken in 1993, 2001 and 2018. Figure and numbering from Van Wingerden *et al.* (1993).



**Panorama serie 1:** Uitzicht vanaf het noorden op de begraasde plots 14 en 15 en de met exclusies beschermde plots 13 en 16 in 1993, 2001 en 2018 (van boven naar beneden). Duidelijk is te zien dat de grazige vegetatie in 25 jaar veel korter is geworden, maar niet in onbegraasde plot 13 (rechtsboven). In onbegraasde plot 16 is de bedekking en hoogte van Amerikaanse vogelkers sterk toegenomen, terwijl deze soort in de begraasde terreindelen vrijwel geheel is verdwenen (foto's j. van Osch en Marijn Nijssen).

**Panorama series 1:** View from the north on grazed plots 14 and 15 and the exclosures protected plots 13 and 16 in 1993, 2001 and 2018 (from top to bottom). It can clearly be seen that in 25 years the grass vegetation has become much shorter, but not in ungrazed plot 13 (top right). In grazed plot 16, the cover and height of *Prunus serotina* has increased significantly, while this species has almost completely disappeared in the grazed area (pictures J. van Osch and Marijn Nijssen).



**Panorama serie 5:** Uitzicht vanaf de bosrand naar het noordwesten met uitzicht op begraasde plots 10 en 11 (op de achtergrond) in 1993, 2001 en 2018 (van boven naar beneden). Tussen 1993 en 2001 is er weinig veranderd aan de vegetatiestructuur, maar daarna is de vegetatie onder invloed van de hogere veebezetting kort en opener geworden.. Op hoge plekken is de bodem open en zandig geworden, in de droge en vochtige valleien is de kraai- en struikheidevegetatie duidelijk zichtbaar. De boomopslag (Amerikaanse vogelkers, berk, zomereik en gewone vlier) is vrijwel geheel verdwenen (foto's j. van Osch en Marijn Nijssen).

**Panorama series 5:** View from the forest edge to the northwest with a view on grazed plots 10 and 11 (in the background) in 1993, 2001 and 2018 (from top to bottom). Between 1993 and 2001 little has changed in the vegetation structure, but towards 2018 the vegetation has become shorter and more open under the influence of increases stocking level. Areas with higher ground level have become open and sandy, in the dry and moist valleys the vegetation of *Empetrum nigrum* and *Calluna vulgaris* has become clearly visible. Tree abundance (*Prunus serotina*, *Betula* sp., *Quercus robur* and *Sambucus nigra*) has almost completely disappeared (pictures J. van Osch and Marijn Nijssen).



**Panorama serie 12:** Uitzicht naar het noorden op begraasde plot 8 en onbegraasde plot 7 in 1993, 2001 en 2018 (van boven naar beneden). De vegetatiestructuur is in 2001 al wat opener, maar vooral in 2018 is het effect van begrazing zeer goed te zien. De vegetatie in plot 7 is ruiger dan in de begraasde omgeving, maar doordat het raster in 2016 tijdelijk kapot is geweest, heeft er wel begrazing plaatsgevonden en is de opslag van Amerikaanse vogelkers van bladeren ontdaan (foto's j. van Osch en Marijn Nijssen).

**Panorama series 12:** View to the north on grazed plot 8 and ungrazed plot 7 in 1993, 2001 and 2018 (top to bottom). The vegetation structure had already become more open in 2001, but the effect of grazing is particularly visible in 2018. The vegetation structure in plot 7 is higher compared to the grazed area, but because the plot has been temporarily damaged in 2016, some grazing has taken place and the *Prunus serotina* leaves have been stripped (pictures J. van Osch and Marijn Nijssen).



**Panorama serie 13:** Uitzicht naar het noorden op begraasde plot 1 in 1993, 2001 en 2018 (van boven naar beneden). Deze plot ligt in de uiterste noordoostelijke hoek van het begrazingsgebied direct naast het fietspad. Het is een van de minst veranderde plots, maar de bedekking met duinriet in de vochtige heide is de afgelopen 25 jaar duidelijk afgenomen (foto's J. van Osch en Marijn Nijssen).

**Panorama series 13:** View to the north on grazed plot 1 in 1993, 2001 and 2018 (top to bottom). This plot is in the far north-eastern corner of the grazing area, right next to a road. It is one of the least changed plots, but the cover of *Calamagrostis epigejos* in the valley with wet heathland has clearly decreased over the past 25 years (pictures J. van Osch and Marijn Nijssen).



**Panorama serie 8:** Uitzicht naar het oosten op enclosure 27 – direct ten noorden van de bosrand - in 1993, 2001 en 2018 (van boven naar beneden). Tussen 1993 en 2000 zijn de veranderingen gering, maar na 2000 is binnen de enclosure veel opslag verschenen van houtige soorten, zowel van naaldbomen als loofbomen en struweel, zoals Amerikaanse vogelkers. In het begraasde open veld ontbreekt opslag vrijwel geheel, aan de bosrand hebben naaldbomen zich enigszins uitgebreid.

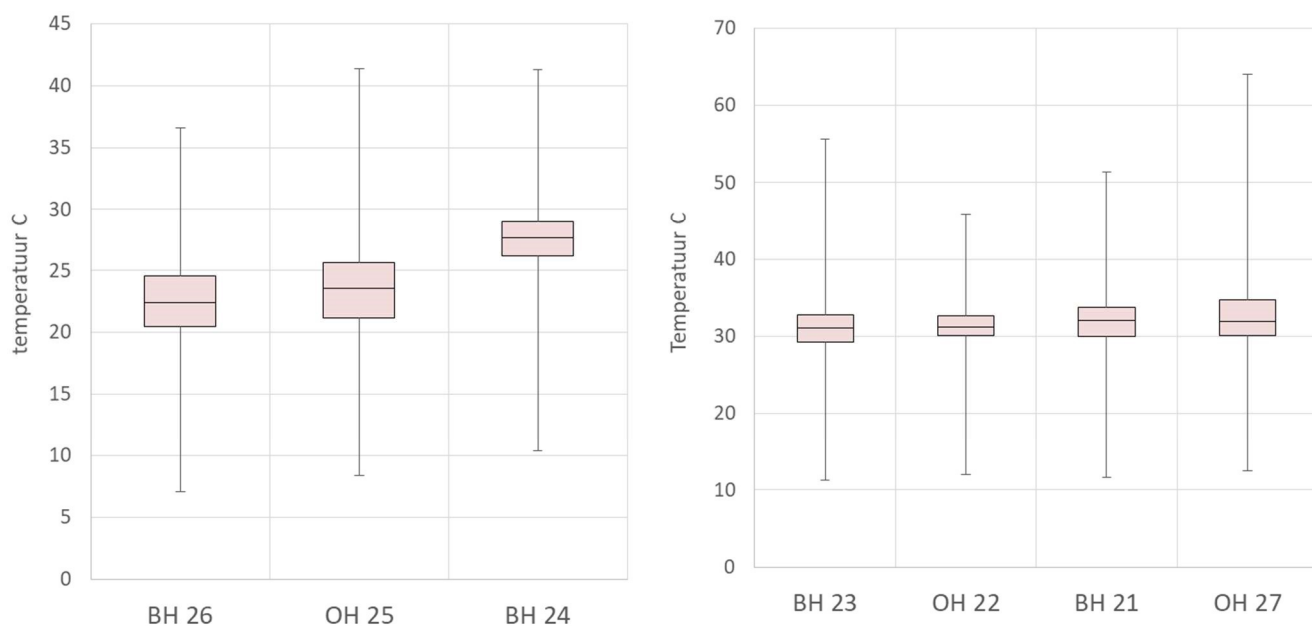
**Panorama series 8:** View to the east on enclosure 27 – directly north of the forest edge - in 1993, 2001 and 2018 (from top to bottom). The changes were minor between 1993 and 2000, but after 2000 woody species, both conifers and deciduous trees and thickets, have increased within the enclosure such as *Prunus serotina*. In the grazed open field, woody species are mostly lacking, though conifers have expanded on the edge of the forest.

## 4.4 Microklimaat

De variatie in temperatuur op de bodem en in de vegetatie zijn vastgelegd met een warmtecamera. Deze metingen zijn samengevat voor duinheiden (figuur 4.6) en voor vergraste duinvalleien (figuur 4.7) waarbij de 50% metingen rondom de mediaan zijn weergegeven en daarnaast de minimum en maximum temperatuur die is gemeten. Het microklimaat van de vegetatie en bodem wordt zowel bepaald door de hoogte en dichtheid van de vegetaties, als door de samenstelling van vegetatie (vegetatietype) en bodem (humus of mineraal).

In droge, intacte duinheiden met een vrij homogene begroeiing van kraaiheide en struikheide op de bodem (figuur 4.6) had begrazing nauwelijks invloed op het microklimaat. Alleen het begraasde plot 24 had een hogere gemiddelde temperatuur dan de andere begraasde en onbegraasde plots. Opvallend is dat ook de hoogste en laagste temperatuurwaarnemingen in dit habitattype niet standaard in begraasde of juist onbegraasde plots lagen.

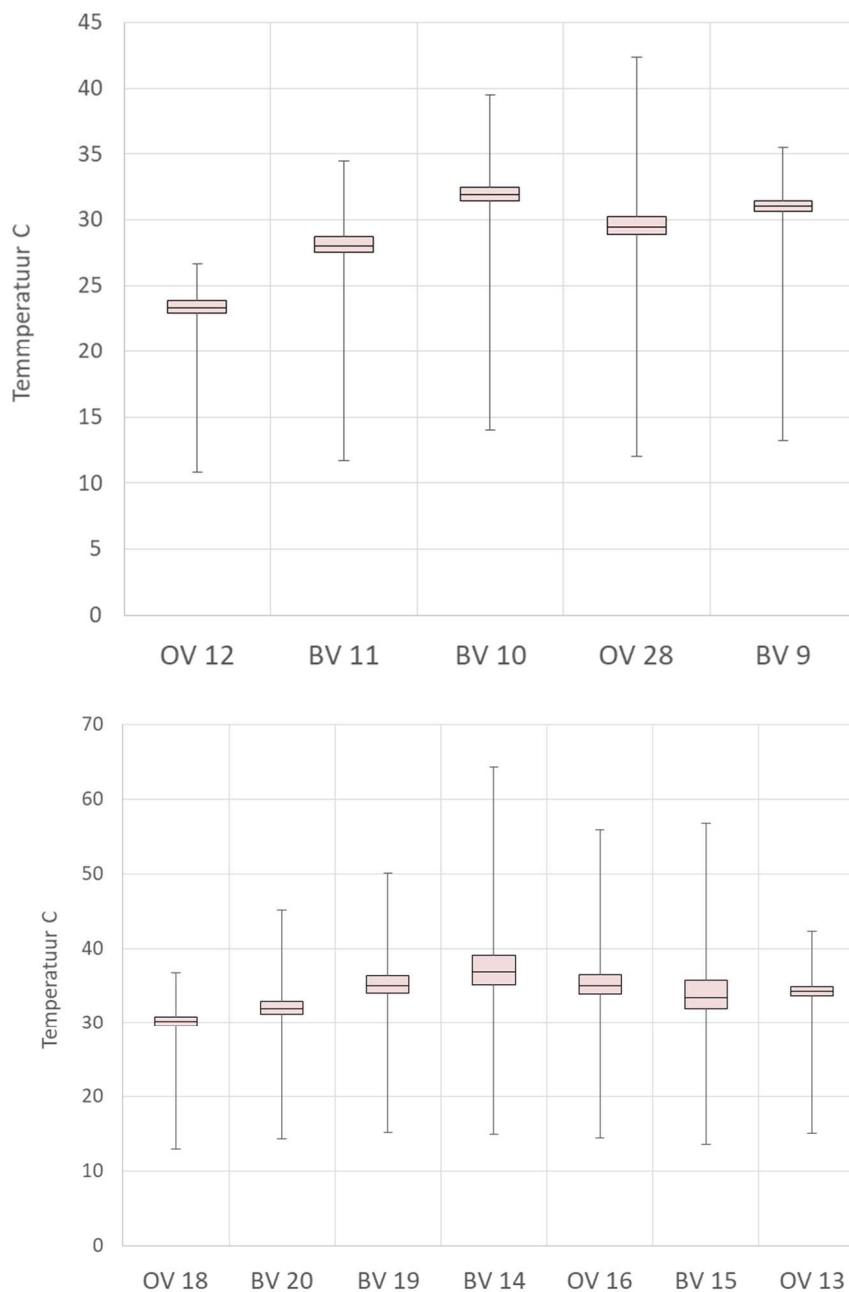
In vergraste duinvalleien (figuur 4.7) was begrazing wel van invloed op het microklimaat. De gemiddelde temperatuur en hoogst gemeten temperatuur waren in begraasde plots 10 en 11 hoger dan in de nabijgelegen onbegraasde plot 12, en hetzelfde geldt voor de begraasde plots 14, 19 en 20 ten opzichte van de onbegraasde plot 18. Ook in begraasde plot 9 was de gemiddelde temperatuur (maar niet de maximale temperatuur) hoger dan in de naastgelegen onbegraasde plot 28. Ook is de variatie in microklimaat (breedte van 2e en 3e kwartiel in de verdeling en verschil tussen hoogste en laagste temperatuur) in begraasde plots vrijwel altijd groter dan in naastgelegen onbegraasde plots. Voor de serie van begraasde plot 15 en onbegraasde plots 13 en 16 was er geen verschil in microklimaat.



**Figuur 4.6.** Microklimaat metingen in 4 begraasde (B) plots en 3 onbegraasde (O) plots in duinheide. Gegeven zijn 50% van de waarnemingen (2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kwartiel) rondom de mediaan en de minimum en maximum waarden. Plots 24, 25 en 26 (links) zijn gefotografeerd tussen 10:20 en 10:45, plots 21, 22, 23 en 27 (rechts) tussen 11:00-12:00.

**Figure 4.6.** Microclimate in 4 grazed (B) plots and 3 ungrazed (O) plots in intact moist dune heathland. Data are given for 50% of the observations (2nd and 3rd quartile) around the median as well as minimum and maximum values (whiskers). Plots 24, 25 and 26 (left) were photographed between 10:20 and 10:45, plots 21, 22, 23, and 27 (right) between 11:00 AM and 12:00 PM.





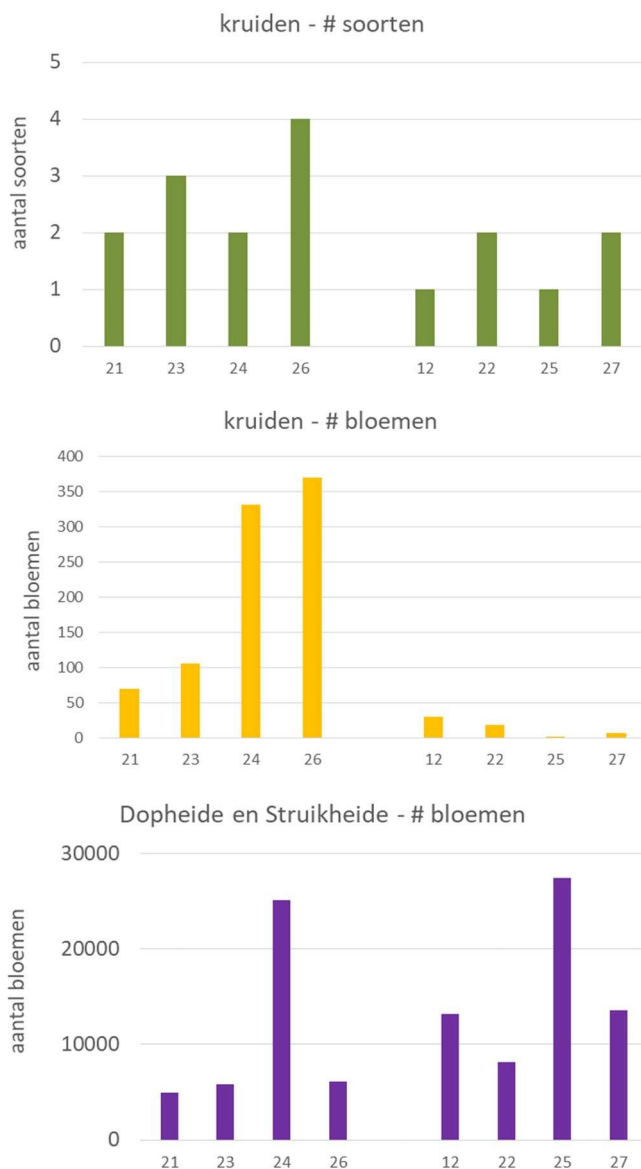
**Figuur 4.7.** Microklimaat metingen in 7 begraasde (B) plots en 5 onbegraasde (O) plots in vergraste duinvalleien. Gegeven zijn 50% van de waarnemingen (2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kwartiel) rondom de mediaan en de minimum en maximum waarden. Plots 9, 10, 11, 12 en 28 (boven) zijn gefotografeerd tussen 13:30 – 15:00, plots 13, 14, 15, 16, 18, 19 en 20 (onder) tussen 15:00-15:45.

**Figure 4.7.** Microclimate in 7 grazed (B) plots and 5 ungrazed (O) plots in encroached moist dune valleys. Data are given 50% of the observations (2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> quartile) around the median as well as the minimum and maximum values (whiskers). Plots 9, 10, 11, 12, and 28 (top) were photographed between 1:30 PM - 3:00 PM, plots 13, 14, 15, 16, 18, 19, and 20 (bottom) between 3:00 PM - 3:45 PM.

## 4.5 Bloemaanbod

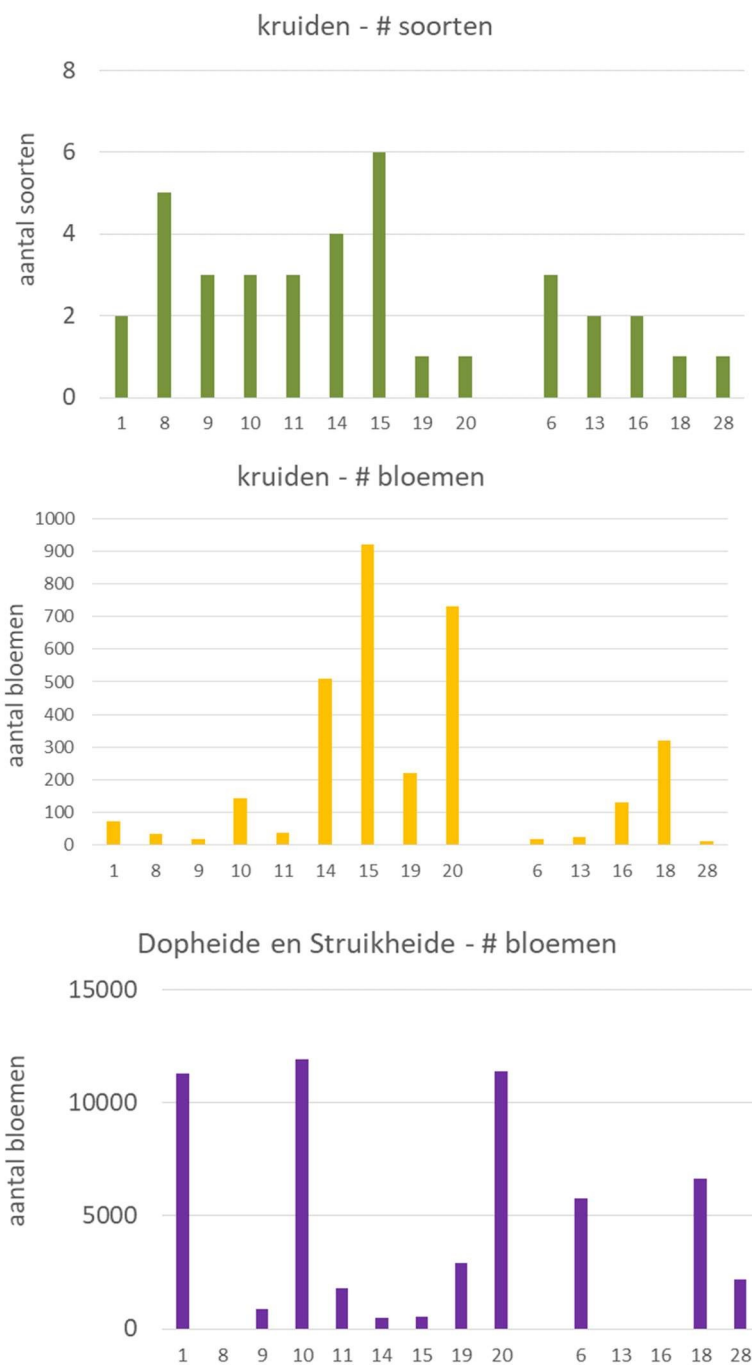
Begrazing kan een grote invloed hebben op het bloemaanbod in duingraslanden, met name in het kalk- en kruidenarme waddendistrict (Nijssen *et al.* 2014). In de Vallei van het Veen is het bloemaanbod van alle kruidachtigen, struikheide en dopheide bepaald in augustus 2018. Hierbij zijn zowel de bloeiende planten als de reeds uitgebloeide planten meegenomen in de telling (n planten/plot van 20x20m; figuur 4.8 en 4.9).

In duinheide is in begraasde plots zowel het aantal soorten bloeiende kruiden als het aantal bloemen van kruidachtigen hoger dan in begraasde plots (ongepaarde t-toets,  $p=0,04$ ). Voor dopheide en struikheide is er geen significant verschil.



**Figuur 4.8.** Bloemaanbod in begraasde (21-26) en onbegraasde (12-27) intacte vochtige duinheide (aantal soorten en aantal bloemen per plot van 20x20 m).

**Figure 4.8.** Flower abundance in grazed (21-26) and ungrazed (12-27) intact moist dune heathland (number of species and number of flowers per plot of 20x20 m).



**Figuur 4.9.** Bloemaanbod in begraasde (1-20) en onbegraasde (2-18) vergraste duinvalleien (aantal soorten en aantal bloemen per plot van 20x20 m). Plot 7 is niet meegenomen in de analyses omdat deze tijdelijk is mee begraasd als gevolg van een kapot raster.

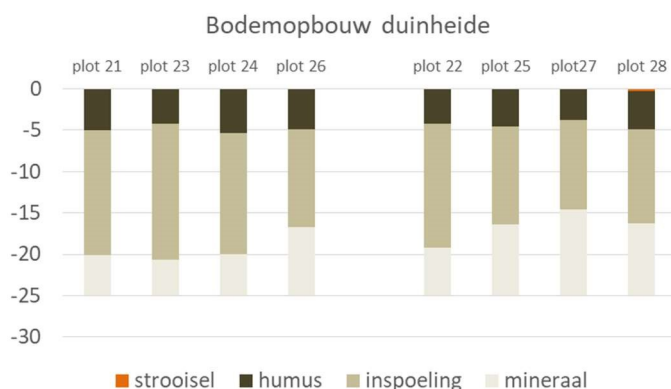
**Figure 4.9.** Flower abundance in grazed (1-20) and ungrazed (2-18) encroached dune valleys (number of species and number of flowers per plot of 20x20 m). Plot 7 was not included in the analyses because it was temporarily grazed as a result of a damaged fencing.

Eenzelfde beeld is te zien in duinvalleien, maar hier zijn de verschillen niet significant. Het aantal bloemen in beide behandelingen verschilt daarvoor te sterk tussen plots. Dit laatste geldt zowel voor de kruidachtigen in de valleien als voor dopheide en struikheide.

## 4.6 Opbouw en compactie van de bodem

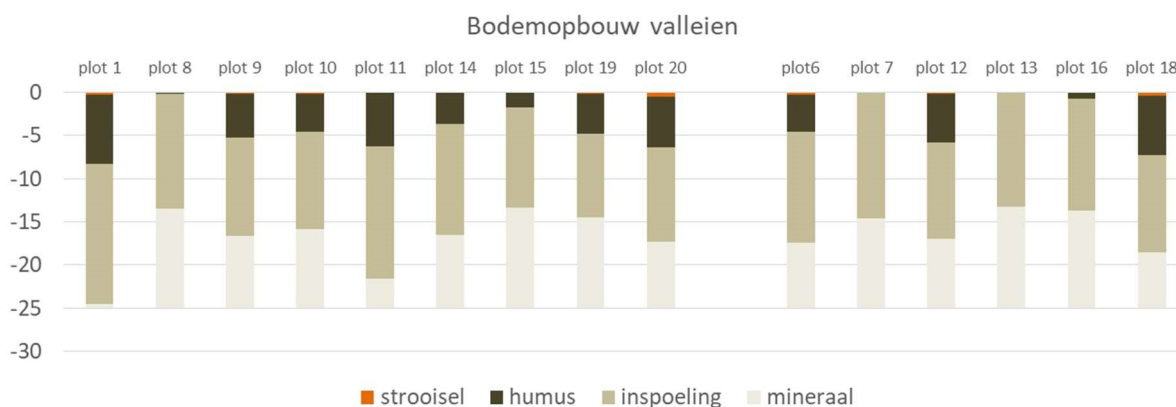
Om de invloed van begrazing op de opbouw van de bodem te analyseren is er in elke plot op 10 random locaties een bodemprofiel van de bovenste 25 cm gemaakt en op 10 random locaties met een penetrometer de bodemdichtheid bepaald. De resultaten staan weergegeven in figuur 4.9 en 4.10.

In de bodemprofielen is onderscheid gemaakt tussen strooisel, humus en de inspoellaag. In alle gevallen was er binnen 25 cm bodemdiepte sprake van een overgang naar de minerale bodem. Hoewel er een tendens is naar een iets dikker humuslaag en inspoellaag in de begraasde plots, was noch in duinheide, noch in duinvalleien sprake van een significant verschil in bodemopbouw als gevolg van begrazing.

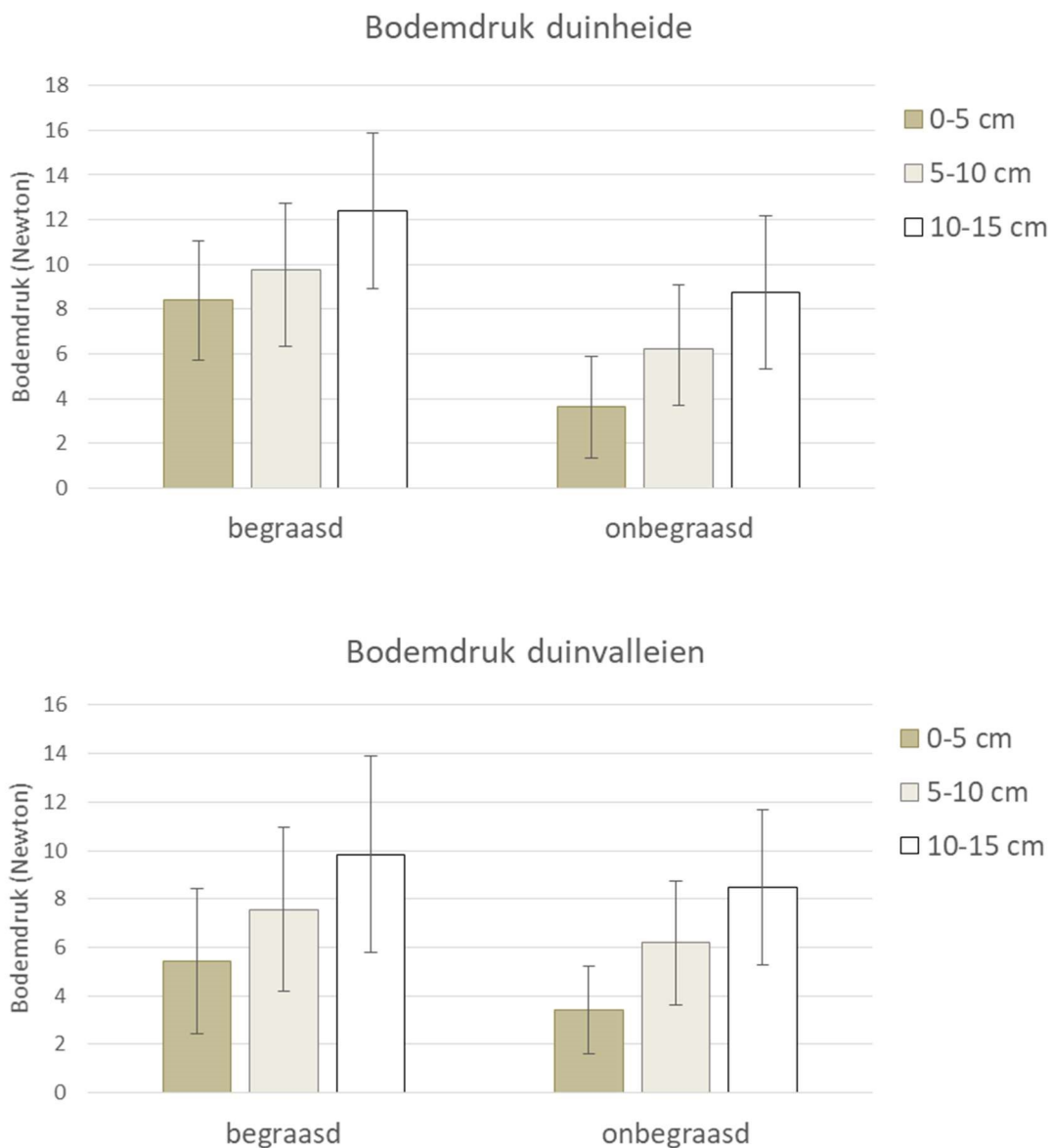


**Figuur 4.9.** Bodemopbouw in begraasde (21-26) en onbegraasde (22-28) intacte vochtige duinheide en in begraasde (1-20) en onbegraasde (6-18) vergraste duinvalleien.

**Figure 4.9.** Soil profile in grazed (21-26) and ungrazed (22-28) intact moist dune heathland and grazed (1-20) and ungrazed (6-18) encroached dune valleys.



Begrazing blijkt echter wel een duidelijk effect te hebben op de compactie van de bodem. Zowel in duinheide als in valleien neemt de compactie van de bodem sterk toe met begrazing (ongepaarde t-toets,  $p=0,001$ ). Hierdoor moet er in heide ruim twee keer zo veel en in valleien 60% meer druk worden gezet om door te dringen in de bovenste 5 cm bodem. De verschillen zijn iets kleiner in diepere bodemlagen, maar ook daar is overal een significante toename van de bodemcompactie.



**Figuur 4.10.** *Dichtheid van de bodem (gem.  $\pm$  stdev) gemeten als druk (in Newton) die gebruikt moet worden om een penetrometer ( $\varnothing$  1 cm) met een spitse punt de bodem in te drukken in begraasde en onbegaasde intacte vochtige duinheide en duinvalleien (steekproef voor alle dieptes:  $n=40$  voor begraasde en onbegaasde duinheide;  $n=90$  voor begraasde valleien en  $n=60$  voor onbegaasde duinvalleien).*

**Figure 4.10.** *Soil compaction (average  $\pm$  sd) measured as pressure (in Newton) to be used to press a penetrometer ( $\varnothing$  1 cm) with a pointed tip into the soil in grazed and ungrazed intact moist dune heath and dune valleys ( sample for all depths:  $n = 40$  for grazed and ungrazed dune heath;  $n = 90$  for grazed valleys and  $n = 60$  for ungrazed dune valleys).*



# 5 Ontwikkelingen in diergemeenschappen

## 5.1 Diversiteit fauna in relatie tot begrazing

Bij het onderzoek naar de effecten van begrazing is het een belangrijke vraag of de toegepaste vorm van begrazing (ten opzichte van onbegraasde terreindelen) resulteert in een grotere variatie aan diersoorten en voor hogere dichtheden van ongewervelden die als prooi kunnen dienen voor gewervelde insectivoren. In dit onderzoek zijn hiervoor potvalvangsten uitgevoerd. Voor de dichtheden aan ongewervelden is gekeken naar alle soortgroepen in de potvallen, voor de variatie in soorten zijn de loopkevers en de spinnen gebruikt.

### 5.1.1 Vangsten op ordeniveau

In tabel 5.1 is een overzicht gegeven van alle faunavangsten met potvallen (5 vallen per plot, zie figuur 2.4) tussen 1993 en 2018 weergegeven per orde. In totaal zijn er 98.287 ongewervelde dieren gevangen verdeeld over 20 ordes. Van deze ordes zijn de spinnen (Aranea) en Hooiwagens (Opiliones) en de loopkevers (familie Carabidae, orde Coleoptera) tot op soort gedetermineerd. Daarnaast is van alle groepen die in 2018 zijn gevangen de lengteklasse genoteerd van de lichaamslengte.

Het aantal gevangen dieren in potvallen wordt bepaald door de 'activiteitsdichtheid' per soort; zowel het aantal individuen binnen de plot als de activiteit van deze individuen beïnvloeden immers de vangstkans. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de interpretatie van de vangstgegevens. Aangezien in kort gegraasde plots de weerstand van de vegetatie gelijk of lager is en het microklimaat warmer dan in onbegraasde plots, wordt in begraasde plots een hogere activiteit verwacht dan in onbegraasde plots. Wanneer hogere aantallen individuen van een soort(groep) worden gevangen in onbegraasde plots is dit vrijwel zeker een gevolg van hogere dichtheden op deze locaties. Vergelijkingen tussen soorten of soortgroepen zijn lastig te interpreteren, omdat deze een ander activiteitspatroon kunnen hebben.

In 1993, bij de start van dit project, is alleen in het najaar gevangen. Het is daarom logisch dat hier het laagste aantal individuen én soorten loopkevers en spinnen is aangetroffen. Tussen de begraasde plots en onbegraasde plots was destijds geen verschil in gemiddeld aantal soorten loopkevers of spinnen dat per plot werd gevangen.

In 2000/2001 is zowel in zomer als in najaar gevangen. Het aantal gevangen individuen steeg sterk, het aantal aangetroffen loopkeversoorten verdubbelde ruimschoots en het aantal spinnensoorten werd zelfs meer dan 4 maal zo groot. Wederom zijn er echter geen verschillen vastgesteld tussen het gemiddeld aantal soorten dat werd gevangen in begraasde en in onbegraasde plots.

In 2010 werden er ongeveer een kwart minder loopkevers gevangen en daalde het aantal aangetroffen soorten met een derde naar 37. Ook toen werden er geen verschillen in aantal soorten vastgesteld tussen begraasde en onbegraasde plots.

Opvallend is dat in 2018 het aantal gevangen loopkeverindividuen verdubbelde ten opzichte van 2010, maar het aantal soorten wederom met bijna een derde afnam tot 28 soorten, dit is de helft van het aantal soorten dat in 2001 werd aangetroffen. Ook bij de spinnen nam het aantal soorten met de helft af ten opzichte van 2001, maar hier werd ook slechts de helft van het aantal individuen vastgesteld. In dit jaar lijken er gemiddeld meer soorten loopkevers te zijn aangetroffen in onbegraasde plots dan in onbegraasde plots, maar deze verschillen zijn alleen voor vergraste valleien significant. Voor spinnen zijn er geen significante verschillen in gemiddeld aantal soorten per plot tussen behandelingen, maar valt wel op dat de variatie in begraasde plots groter is dan in onbegraasde plots.

**Tabel 5.1.** Overzicht van aantal gevangen individuen in potvallen per orde in de verschillende onderzoeksjaren. Spinnen (1993, 2000, 2018) en loopkevers (alle jaren) zijn tot op soort gedetermineerd, voor de overige ordes varieert het determinatieniveau van familie tot soort.

**Table 5.1.** Number of individuals sampled in pitfall traps per order in the various years of research. Spiders (1993, 2000, 2018) and carabid beetles (all years) have been identified to species level, identification of other taxonomical orders vary from family to species level.

ordes		1993	2000	2010	2018	Totaal
Acari	Mijten		1690		1164	2854
Araneae	Spinnen	1025	6543		2329	9897
Auchenorrhyncha	Cicaden				100	100
Blattodea	Kakkerlakken				17	17
Coleoptera	Kevers	4277	11628	7084	16166	39155
Collembola	Springstaarten				7370	7370
Diptera	Vliegen en muggen				2232	2232
Gastropoda	Slakken				10	10
Haplotaxida	Ringwormen				66	66
Hymenoptera	Vliesvleugeligen	8032			1343	9375
Isopoda	Pissebedden	2680	781		19331	22792
Ixodida	Teken				6	6
Julida	Miljoenpoten	2	1			3
Lepidoptera	Rupsen en vlinders				81	81
Lithobiomorpha	Duizendpoten	288	81		113	482
Opiliones	Hooiwagens	488	2344		622	3454
Orthoptera	Sprinkhanen				75	75
Pseudoscorpiones	Pseudoschorpioenen		12			12
Hemiptera	Wantsen				305	305
Geophilomorpha	Aardkruipers				1	1
Totaal		16792	23080	7084	51331	98287

**Tabel 5.1.** Aantal soorten loopkevers (gemiddelde per plot  $\pm$  stdev) in 1993, 2001, 2010 en 2018.

**Table 5.1.** Number of carabid beetle species (mean per plot  $\pm$  sd) in 1993, 2001, 2010 and 2018

	1993 *alleen najaar			2001			2010			2018		
	Tot soorten	gemiddeld		Tot soorten	gemiddeld		Tot soorten	gemiddeld		Tot soorten	gemiddeld	
Duinheide B	14	7,0	$\pm 2,8$	31	16,5	$\pm 4,9$	21	11,3	$\pm 2,6$	17	9,5	$\pm 1,3$
Duinheide O	13	5,8	$\pm 1,3$	22	12,0	$\pm 2,6$	18	10,3	$\pm 2,5$	18	12,0	$\pm 2,9$
Vergrast B	16	6,9	$\pm 2,5$	36	16,6	$\pm 4,4$	34	10,0	$\pm 5,1$	21	7,7	$\pm 2,2$
Vergrast O	20	7,6	$\pm 2,8$	40	17,4	$\pm 5,4$	23	11,0	$\pm 2,5$	23	13,0	$\pm 3,8$
Totaal	24		1842 ind	57		6459 ind	37		5055 ind	28		10025 ind

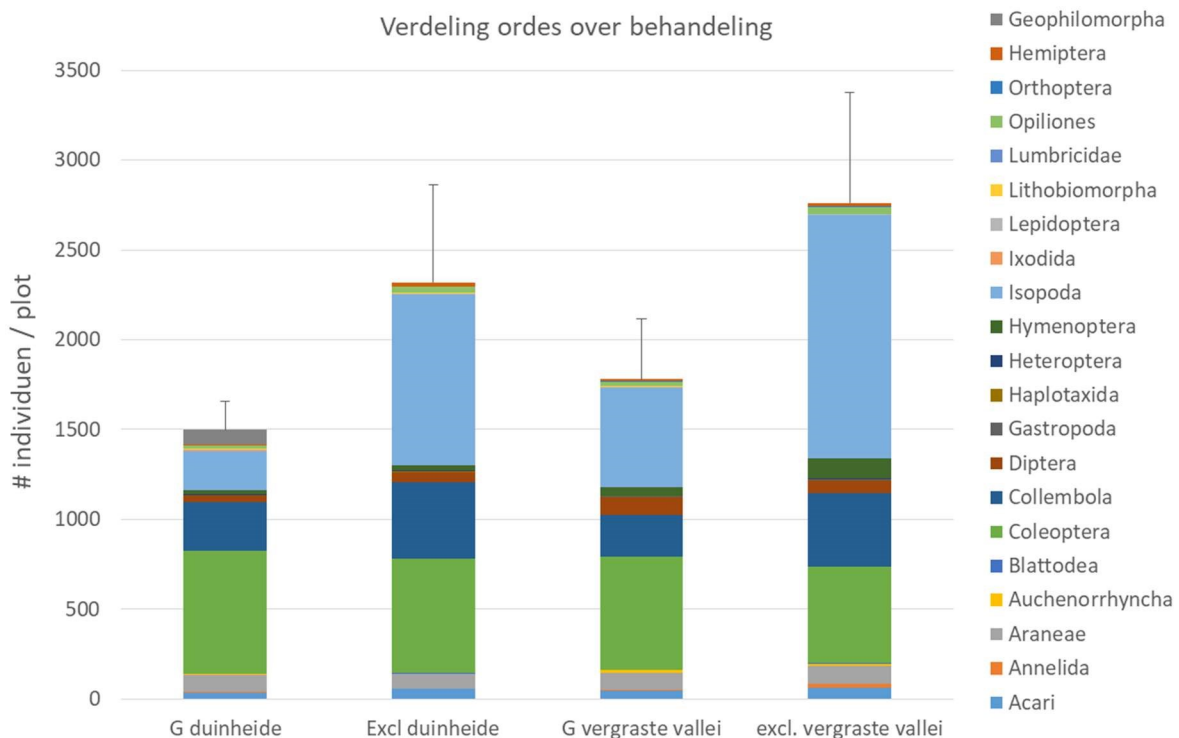


**Tabel 5.2.** Aantallen soorten spinnen (gemiddelde per plot  $\pm$  stdev) in 1993, 2001 en 2018

**Table 5.2.** Number of spider species (average per plot  $\pm$  sd) in 1993, 2001 and 2018

	1993 *alleen najaar			2001			2018		
	Tot soorten	gemiddeld	$\pm$ stdev	Tot soorten	gemiddeld	$\pm$ stdev	Tot soorten	gemiddeld	$\pm$ stdev
Duinheide B	11	6,0	$\pm$ 2,6	57	26,5	$\pm$ 1,7	22	10,3	$\pm$ 3,4
Duinheide O	10	6,3	$\pm$ 1,5	47	25,0	$\pm$ 6,6	20	9,3	$\pm$ 1,5
Vergrast B	17	7,4	$\pm$ 1,8	80	27,3	$\pm$ 7,4	36	12,7	$\pm$ 4,5
Vergrast O	17	7,1	$\pm$ 1,8	83	29,6	$\pm$ 8,2	34	11,0	$\pm$ 2,4
Totaal	25	1025 ind		111	6543 ind		52	2329 ind	

Het gemiddeld aantal gevangen individuen van ongewervelden in 2018 is significant hoger in onbegraasde plots dan in begraasde plots (figuur 5.1). Dit komt vrijwel geheel op conto van springstaarten en pissebedden die in de strooisellaag leven. Voor beide groepen mag worden aangenomen dat de dichtheid aan individuen hoger is in onbegraasde plots in vergelijking met begraasde plots.



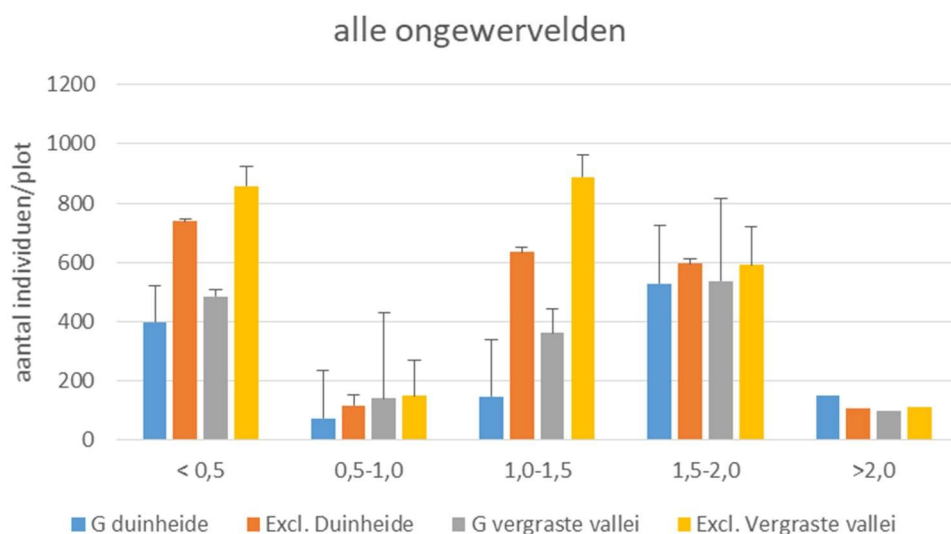
**Figuur 5.1.** Gemiddeld aantal gevangen ongewervelden per plot ( $\pm$  SE van totaal vangsten) van alle ordes, verdeeld over de behandelingen duinheide begraasd, duinheide onbegraasd, vergraste vallei begraasd en vergraste vallei onbegraasd.

**Figure 5.1.** Average number of invertebrates caught per plot ( $\pm$  SE of total catches) of all orders, divided among the treatments grazed and ungrazed intact dune heathland and grazed and ungrazed encroached moist dune valleys.

### 5.1.2. Grootteverdeling

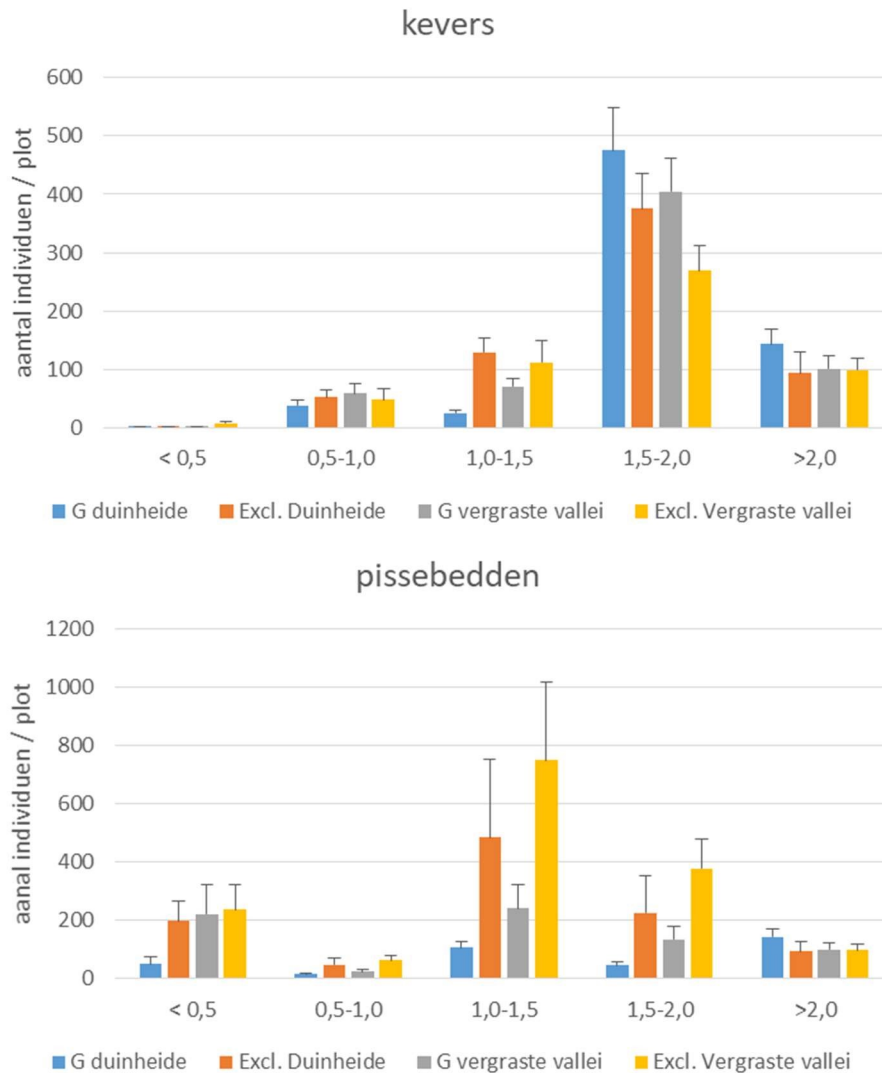
De verdeling van de verschillende ordes over de behandelingen (figuur 5.1) heeft ook gevolgen voor de verdeling van grote en kleine individuen over de verschillende behandelingen (figuur 5.2). Zowel bij de kleinste lengteklasse (<0,5 cm; waar vrijwel alle springstaarten toe behoren), als de middelste lengteklasse (1,0-1,5 cm; waar de meeste pissebedden in vallen) zijn er gemiddeld meer individuen in onbegrasde dan in begrasde plots gevangen. Voor individuen tussen 0,5-1,0 cm en groter dan 1,5 cm werden geen verschillen gevonden.

Wanneer wordt ingezoomd op pissebedden en kevers, de twee groepen met hoge aantallen individuen én variatie in lichaamsgrootte (figuur 5.3), dan valt op dat er relatief grotere individuen (lengteklasse >1,5 cm) zijn gevangen in begrasde plots dan in onbegrasde plots. Voor pissebedden geldt dat individuen tussen 0,5 en 2,0 cm meer zijn gevangen in onbegrasde plots, maar dit geldt niet voor individuen < 0,5 cm en > 2,0 cm.



**Figuur 5.2.** Verdeling van lengteklassen (in cm) van alle gevangen ongewervelden in 2018 over de verschillende behandelingen begrasde (G) en onbegrasde (Excl) intacte vochtige duinheide en vergraste vochtige valleien.

**Figure 5.2.** Distribution of body length (classes in cm) of all caught invertebrates in 2018 over the various treatments: grazed (G) and ungrazed (Excl) intact dune heathland and encroached moist dune valleys.



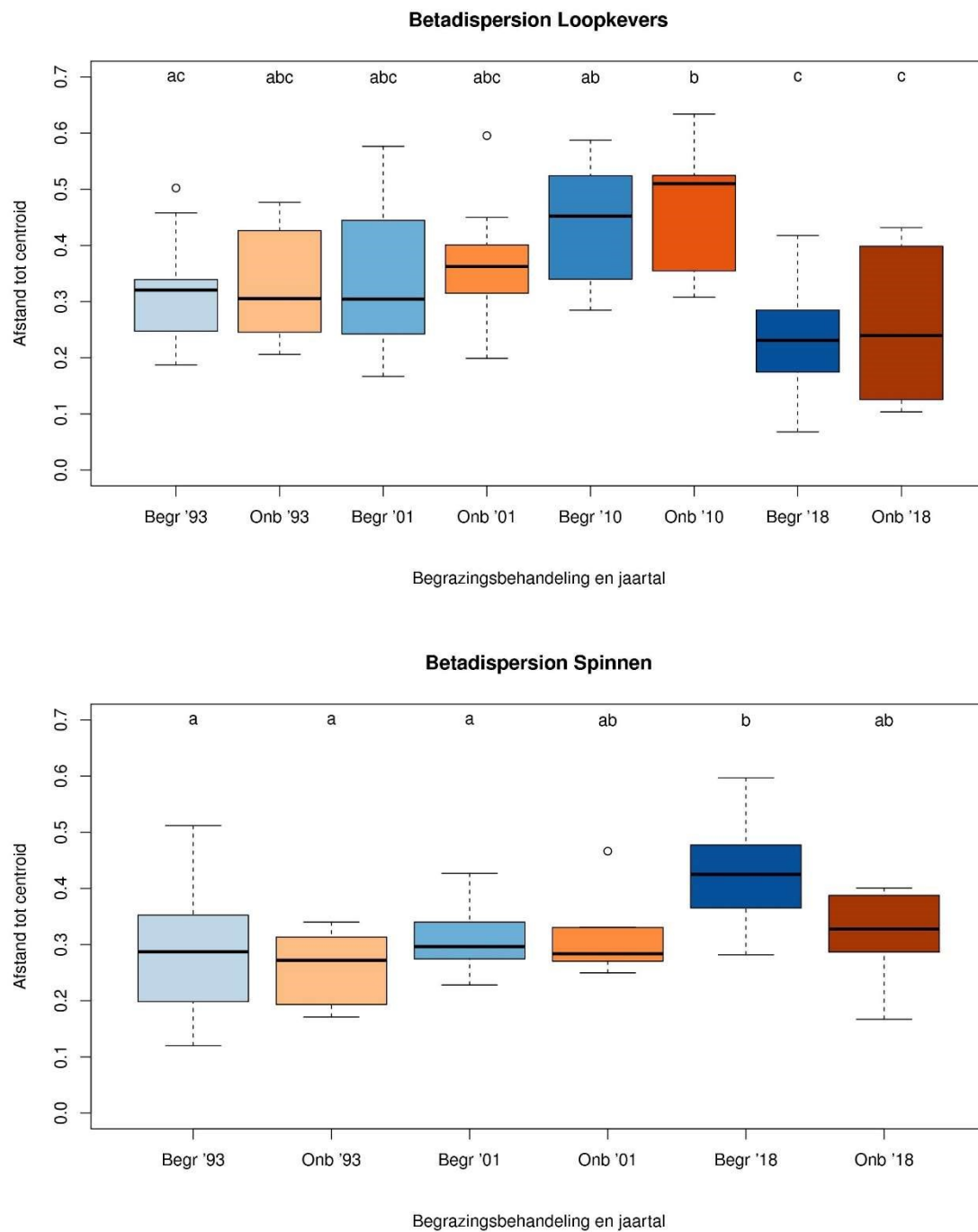
**Figuur 5.3.** Verdeling van lengteklassen (in cm) van kevers en pissebedden in 2018 over de verschillende behandelingen begraasde (G) en onbegraasde (Excl) intacte vochtige duinheide en vergraste vochtige valleien.

**Figure 5.2.** Distribution of body length (classes in cm) of beetles (above) and woodlice (below) in 2018 over the various treatments: grazed (G) and ungrazed (Excl) intact dune heathland and encroached moist dune valleys.

### 5.1.2 Ontwikkeling in soortdiversiteit

De soortdiversiteit kan goed in beeld worden gebracht door zowel de soortsaamenstelling als de aantallen waarmee de verschillende soorten in verhouding tot elkaar voorkomen te analyseren. In figuur 5.4 is dit weergegeven door middel van de betadisversie van de spinnen- en loopkevergemeenschappen. Om met een voldoende grote steekproef te kunnen werken zijn alle begraasde en alle onbegraasde plots bij elkaar genomen (dus niet gesplitst in verschillende vegetatiestrata). De spreiding in betadisversie zoals weergegeven in figuur 5.4 is zowel een maat voor de biodiversiteit binnen een behandeling (begraasd en onbegraasd) als de spreiding van deze diversiteit binnen een behandeling. Voor loopkevers en voor spinnen geldt dat er geen significant verschil was in diversiteit tussen begraasde en onbegraasde gebieden tussen jaren. Vanaf 1993 tot en met 2010 is er bij loopkevers een duidelijke toename te zien in diversiteit, waarbij echter alleen de begraasde plots uit 1993 een significant lagere diversiteit kennen dan de onbegraasde plots uit 2010 (Tukey's test,  $p < 0,05$ ). Tussen 2010 en 2018 neemt echter de diversiteit in zowel begraasde als onbegraasde plots significant af. De spinnengemeenschap neemt na 2001 echter in

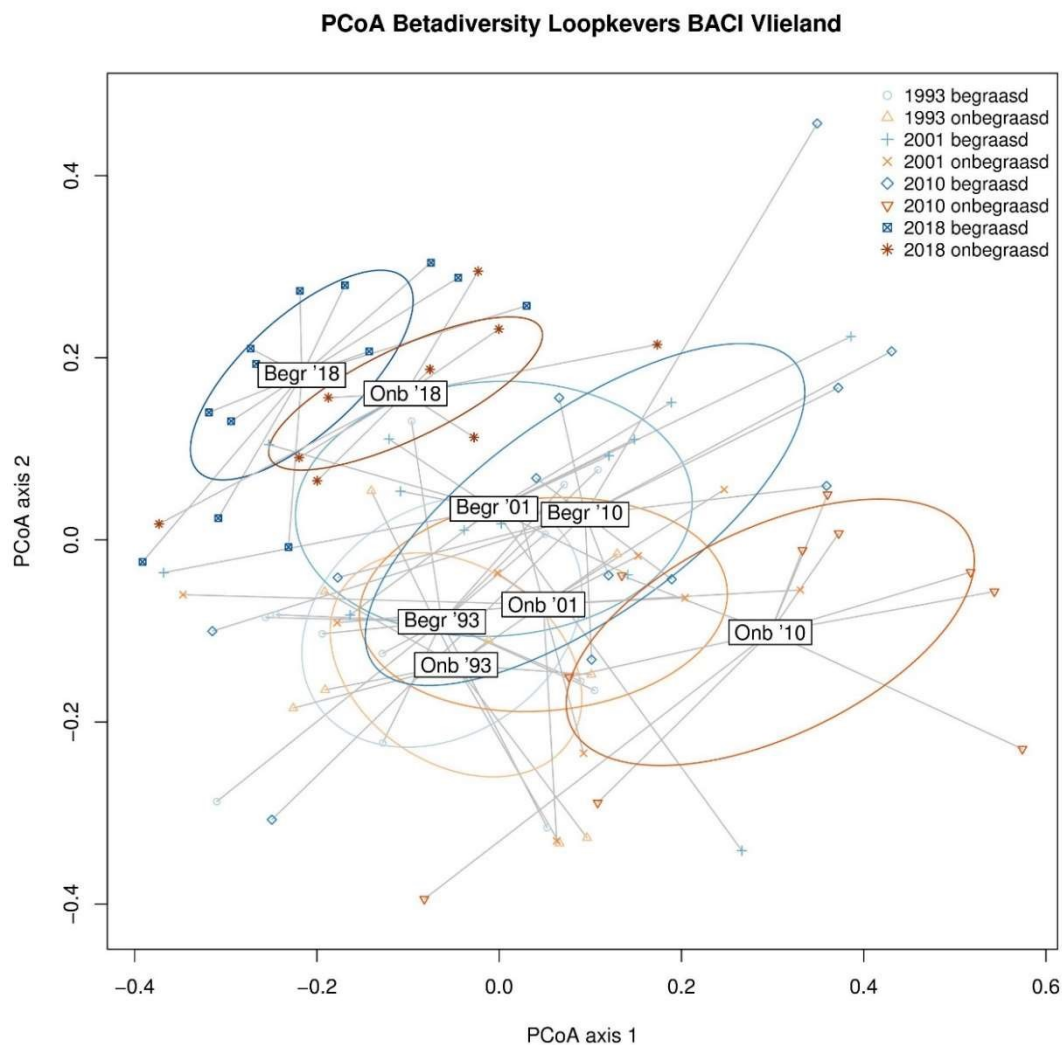
begraasde plots juist toe in diversiteit, waar deze in onbegraasde plots gelijk blijft. Het is helaas niet bekend of de diversiteit in begraasde en/of onbegraasde gebieden in 2010 nog hoger was dan in 2018.



**Figuur 5.4.** Betadispersion van loopkever en spinnen gemeenschappen voor begraasde (Begr.) en onbegraasde (Onb.) plots in de onderzoekjaren 1993, 2001, 2010 en 2018. Voor spinnen zijn geen data van 2010 voorhanden. Opbouw: mediaan; 50% van waarnemingen in box; whiskers geven minimum en maximum; kleine cirkels uitschieters. Letters boven de boxplots geven overeenkomsten en significante verschillen aan uit de Tukey's test.

**Figure 5.4.** Betadispersion of carabid beetle and spider communities for grazed (Begr.) and ungrazed (Onb) plots in research years 1993, 2001, 2010 and 2018. No data for 2010 are available for spiders. Boxes represent median; 50% of observations in box; whiskers give minimum and maximum; small circles outliers. Letters above the box plots indicate similarities and significant differences from the Tukey's test.

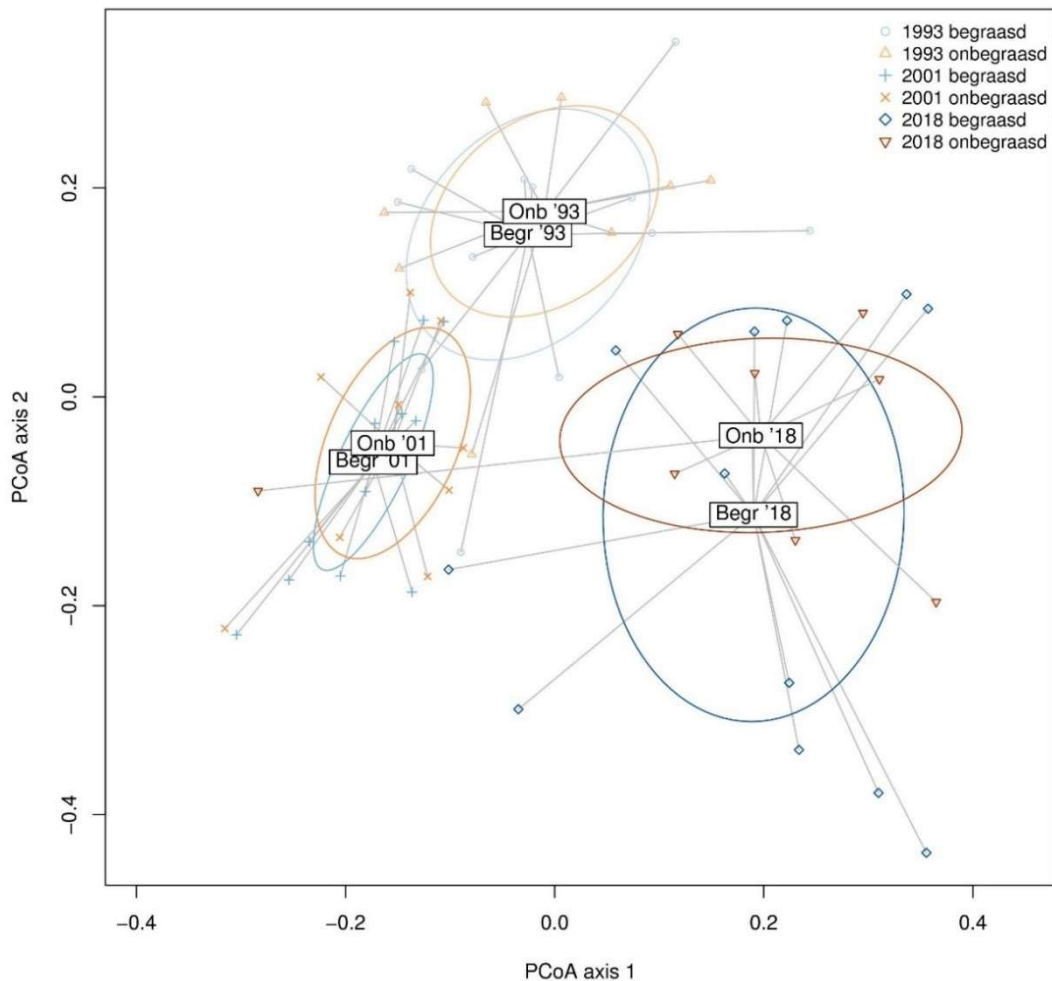
Om beter inzichtelijk te maken wat er met de loopkever- en spinnengemeenschappen gebeurt in de loop van de onderzoeksperiode zijn de veranderingen weergegeven in Principale componenten analyse (PCoA; figuur 5.5 en 5.6). Voor de loopkevers is duidelijk te zien dat de verschuivingen die optreden in de loop van de tijd groter zijn dan de verschuivingen tussen begraasde en onbegraasde plots. Begrazing heeft een effect op de soortsaamenstelling en diversiteit, maar dat effect is minder groot dan de 'autonome' tussenjaar verschillen die in het gehele terrein spelen en waarschijnlijk vooral door variatie in weersomstandigheden worden bepaald. De overlap tussen begraasde en onbegraasde plots is het kleinste in 2010, wanneer de betadiversiteit in beide behandelingen het grootste is (zie ook figuur 5.4). In 2018 is er niet alleen sprake van een veel lagere diversiteit, maar ook van een flinke verschuiving in soortsaamenstelling ten opzichte van 2010. Ook in deze laatste periode van het onderzoek geldt echter dat de verschillen die optreden in begraasde plots van eenzelfde grootte zijn en dezelfde kant op gaan dan die in onbegraasde plots. Bij de spinnengemeenschap is een soortgelijk patroon te zien, met een zeer grote overlap in plots binnen een onderzoekjaar - ongeacht of deze begraasd of onbegraasd zijn - en een zelfde grootte en richting van verschuiving tussen de onderzoekjaren 1993, 2001 en 2018. Conform de resultaten in figuur 5.4 is er in 2018 wel sprake van een hogere diversiteit en een minder grote overlap tussen begraasd en onbegraasde plots dan in de andere jaren.



**Figuur 5.5.** Principale componenten Analyse (PCoA) van de betadiversiteit van loopkevergemeenschappen voor begraasde (Begr.) en onbegraasde (Onb.) plots in de onderzoekjaren 1993, 2001, 2010 en 2018 in de Valle van het Veen op Vlieland.

**Figure 5.5.** Principal components Analysis (PCoA) of the betadiversity of carabid beetle communities for grazed (Begr.) and ungrazed (Onb.) plots in the research years 1993, 2001, 2010 and 2018 in the Valle van het Veen on Vlieland.

### PCoA Betadiversiteit Spinnen BACI Vlieland



**Figuur 5.6.** Verandering in betadiversiteit van spinnengemeenschappen voor begraasde (Begr.) en onbegaasde (Onb.) plots in de onderzoekjaren 1993, 2001 en 2018.

*Figure 5.6. Change in beta diversity of spider communities for grazed (Begr) and ungrazed (Onb) plots in the research years 1993, 2001 and 2018.*

In figuur 5.7 t/m 5.9 zijn de resultaten van Detrended correspondence analysis (DCA) weergegeven die zijn gemaakt op basis van de soortsaanstelling van de loopkever- en spinnengemeenschap. In deze analyses verklaart de eerste as de meeste variatie tussen de plots en de daarop volgende assen telkens steeds minder. De assen zelf staan niet voor een specifieke verklarende factor, maar uit een combinatie van (deels onbekende) factoren die de spreiding van de plots in de figuur sturen. De DCA's zijn uitgevoerd met een groepering van begraasde versus onbegaasde plots in de verschillende onderzoekjaren.

Bij de loopkevers (figuur 5.7) verklaren de drie assen respectievelijk 28.3, 20.5 en 18.2 procent van de totale variatie. Op de eerste en tweede as worden met name de verschillende onderzoekjaren uit elkaar getrokken, met lichte interactie van begrazing (linksboven begraasd, rechtsonder onbegaasd), waarbij er geen duidelijk ontwikkelingsrichting in de loop van de tijd is waar te nemen (conform figuur 5.5).

De begraasde en onbegaasde plots overlappen binnen jaren vrij sterk en worden ook op de derde as maar weinig uit elkaar getrokken. Verschillen tussen jaren verklaren daarmee een groot deel van de verschuivingen in soortsaanstelling, terwijl de factor begrazing (ja/nee)

maar een klein deel van de variatie verklaard. Verandering in graasdruk kan hierbij wel een rol spelen, maar dit is een onderdeel van de tussen-jaarlijkse veranderingen en kan niet van andere factoren worden onderscheiden.

In figuur 5.8 is de spreiding van de verschillende loopkeversoorten weergegeven in dezelfde DCA-analyse. Op de eerste as worden soorten van wat drogere, meer open vegetaties links geplaatst (*Calathus cinctus*, *Notiophilus aestuans*, *Nebria salina*) en meer vochtminnende soorten rechts (*Agonum micans*, *Pterosichus minor*, *Clivina fossor*). Op de tweede as staan de vochtminnende soorten boven (*Carabus clatratus*, *Agonum fuliginosum*, *Limodromus assimilis*) en de meer droogteresistente soorten onder (*Trechus quadristriatus*, *Calathus mollis* en *Demetrius monostigma*). De derde as plaatst enkele matig droogteresistente soorten boven (*Paradromeus linearis*, *Syntomus truncatellus*, *Amara communis*) en meer vochtminnende soorten beneden (*Pterostichus strenuus*, *P. oblongopunctatus*, *Oxypselaphus obscurus*) beneden. Het voorkomen van soorten die vaak gevonden worden onder droge, warme omstandigheden is slechts deels gecorreleerd met de ligging van begraaide plots; de verdeling lijkt meer te worden gestuurd door andere factoren, zoals vegetatietype en wellicht weersomstandigheden in het onderzoeksjaar.

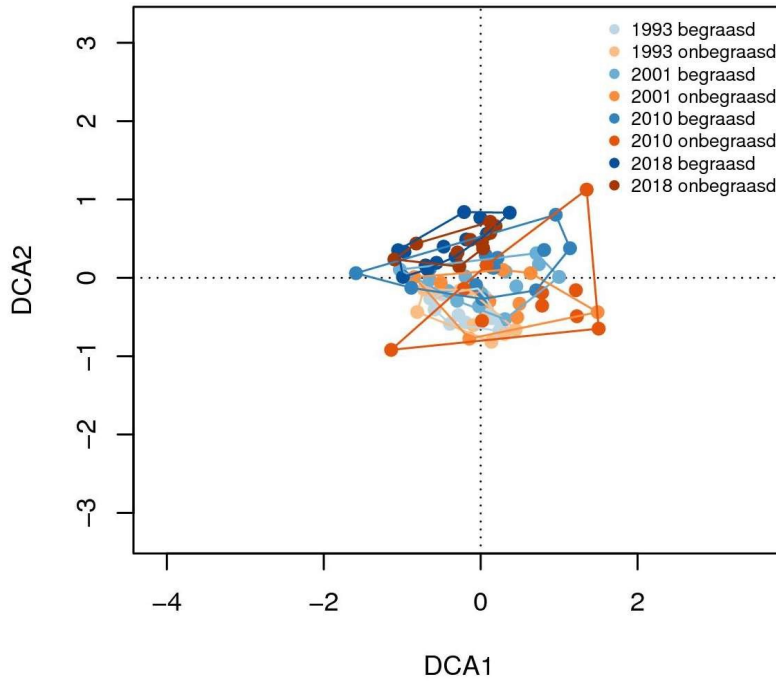
Bij de spinnen (figuur 5.9) verklaren de drie assen respectievelijk 41.6, 15.5 en 15.5 procent van de totale variatie. Ook hier geldt dat door de eerste en tweede as met name de verschillende onderzoekjaren uit elkaar getrokken, waarbij er geen duidelijk ontwikkelingsrichting is waar te nemen, maar juist een sterke omslag tussen 2001 en 2018 (conform figuur 5.6). De begraaide en onbegraaide plots overlappen binnen jaren vrij sterk, waarbij in 2018 wel een grotere spreiding is waar te nemen tussen begraaide en onbegraaide plots op de eerste as. Ook op de derde as worden deze enigszins uit elkaar getrokken. Autonome verschillen tussen jaren verklaren wederom het grootste deel van de verschuivingen in soortsaamenstelling, maar de factor begrazing lijkt voor spinnen meer verklarend te zijn dan bij loopkevers.

## 5.2 Facilitatie van konijnen

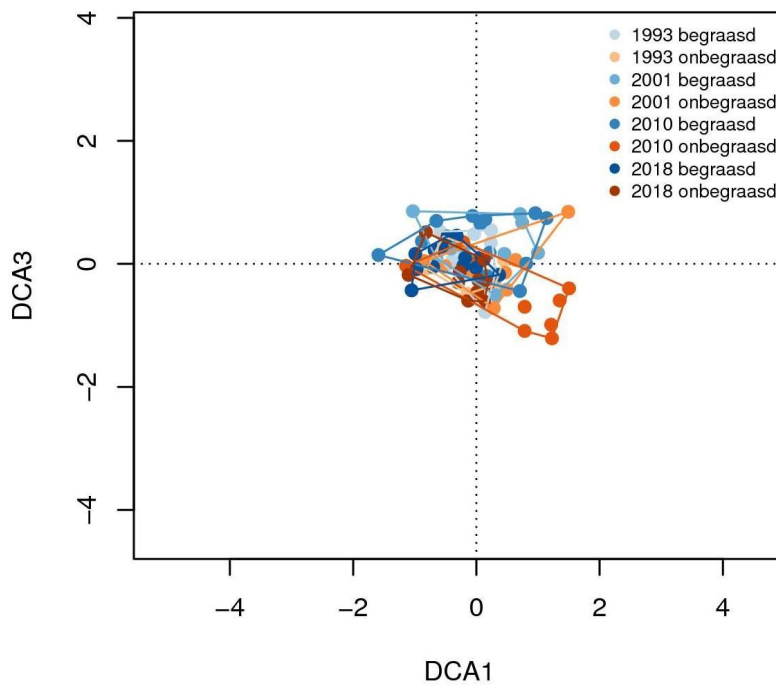
In alle plots zijn zowel uitwerpselen van runderen en Soay schapen geteld als konijnenkeutels (tabel 5.3, figuur 5.10). Door het grote aantal nul-waarnemingen en de sterke spreiding in aantallen, in combinatie met de lage steekproef, kon er geen toetsing plaatsvinden. De aantallen konijnenkeutels geven een indicatie van de konijnenactiviteit in de plots. De tellingen in alle plots samen geven een indicatie van de toe- of afname van konijnen in het gebied.

In 1993 waren er al zorgen over de lage konijnenstand en het laten toenemen van de populatie was een van de doelen van het instellen van begrazing (Van Wingerden 1993). In 2000 was de konijnenstand echter ondanks het instellen van begrazing sterk gedaald als gevolg van ziektes RHD en myxomatose. In 2010 was er nog geen herstel opgetreden. Echter, het percentage plots waar konijnenactiviteit is verdwenen tussen 1993 en 2010 is kleiner in begraaide delen dan in onbegraaide delen. In 2018 zijn in 10 van de 13 begraaide plots konijnenkeutels aangetroffen, terwijl in slechts 1 van de 10 strikt onbegraaide plots keutels zijn aangetroffen. Het raster van de onbegraaide plot 7 is tijdelijk kapot geweest, waardoor er toegang was voor vee. Ook hier zijn konijnenkeutels aangetroffen. De konijnenstand is ten opzichte van 2010 weer iets toegenomen, maar is nog niet op het niveau van 1993. Ook in vergelijking met onderzoeken in andere gebieden waarin konijnen floreerden, bijvoorbeeld door beheeringrepen (o.a. Kuiters *et al.* 2017) is het aantal konijnenkeutels in alle onderzochte plots zeer laag. Begrazing lijkt in de Vallei van het Veen dus wel een faciliterend effect te hebben op de konijnenpopulatie, maar kan de effecten van konijnenziektes nog niet voldoende mitigeren om tot volledig herstel te komen.

### DCA Loopkevers BACI Vlieland 1993–2018



### DCA Loopkevers BACI Vlieland 1993–2018

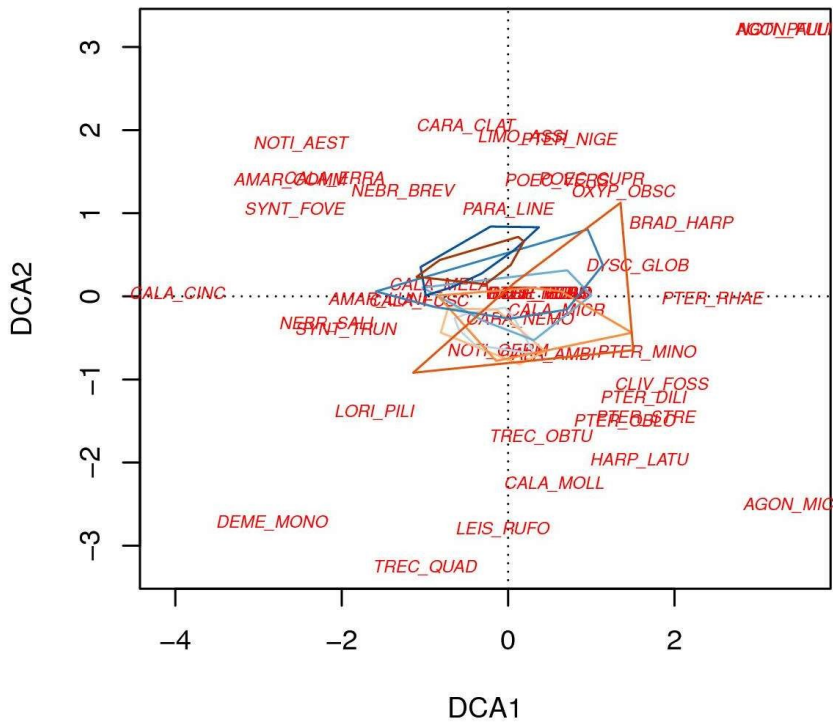


**Figuur 5.7.** Detrended correspondence analysis (DCA) van loopkevergemeenschap gegroepeerd naar begraasde en onbegrasde plots in de onderzoekjaren 1993, 2001, 2010 en 2018.

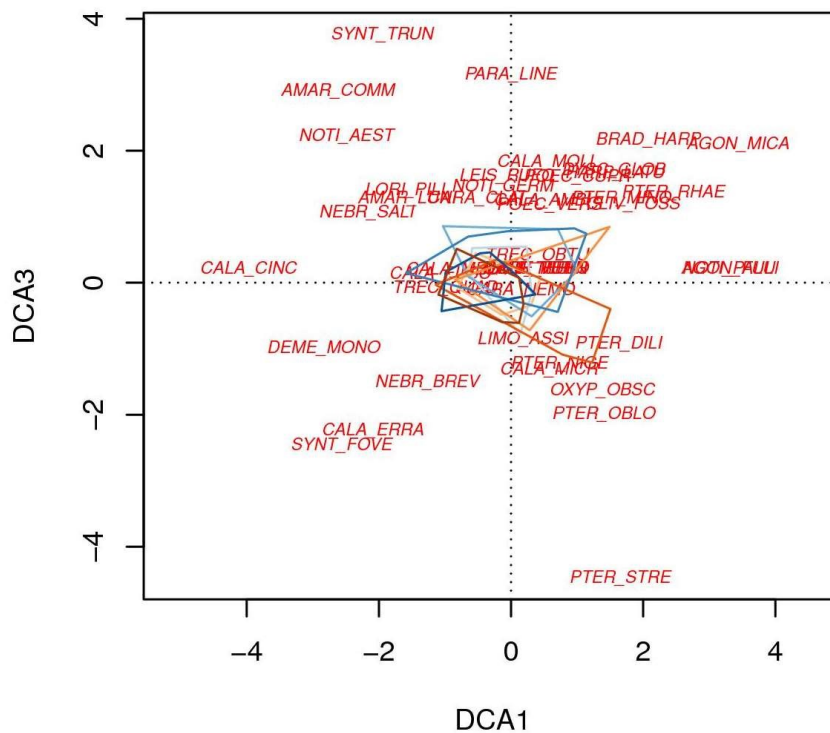
*Figure 5.7. Detrended correspondence analysis (DCA) of carabid beetle community grouped by grazed and ungrazed plots in the research years 1993, 2001, 2010 and 2018.*



## DCA Loopkevers BACI Vlieland 1993–2018



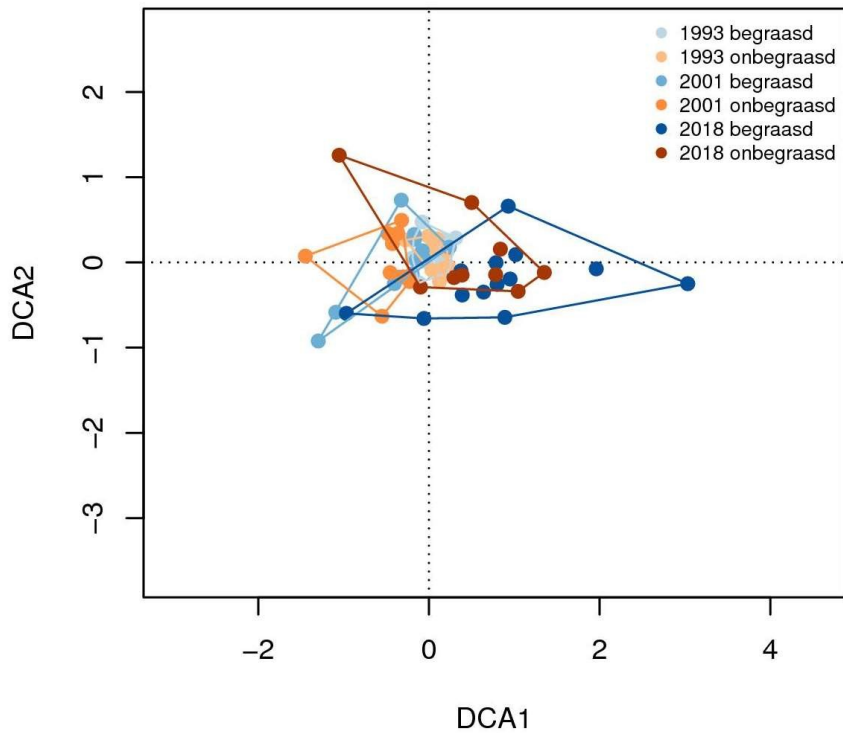
## DCA Loopkevers BACI Vlieland 1993–2018



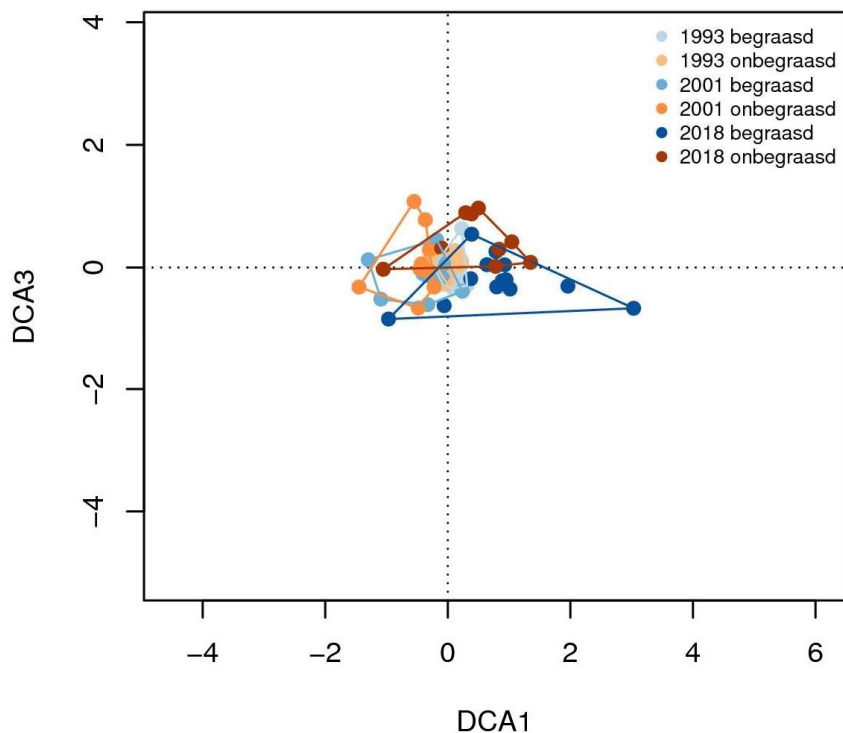
**Figuur 5.8.** Plaatsing van de soorten in de Detrended correspondence analysis (DCA) van loopkevergemeenschap gegroepeerd naar begraaide en onbegraaide plots in de onderzoekjaren 1993, 2001, 2010 en 2018 (zie figuur 5.7).

**Figure 5.8.** Location of species in the Detrended correspondence analysis (DCA) of carabid beetle community grouped by grazed and ungrazed plots in the research years 1993, 2001, 2010 and 2018 (see figure 5.7).

## DCA Spinnen BACI Vlieland 1993–2018



## DCA Spinnen BACI Vlieland 1993–2018



**Figuur 5.9.** Detrended correspondence analysis (DCA) van spinnengemeenschap gegroepeerd naar begraasde en onbegraasde plots in de onderzoekjaren 1993, 2001 en 2018.

***Figuur 5.9.** Detrended correspondence analysis (DCA) of spider community grouped by grazed and ungrazed plots in the research years 1993, 2001 and 2018.*

**Tabel 5.3.** Faeces van vee (Schotse Hooglanders en Soay schapen) en konijnen in de Vallei van het Veen, uitgesplitst naar vegetatie stratum en graas behandeling. \* gegevens voor plot 7 in 2018 zijn niet betrouwbaar, omdat voorafgaand aan het onderzoek de enclosure kapot is geweest, waardoor vee tijdelijk toegang had.

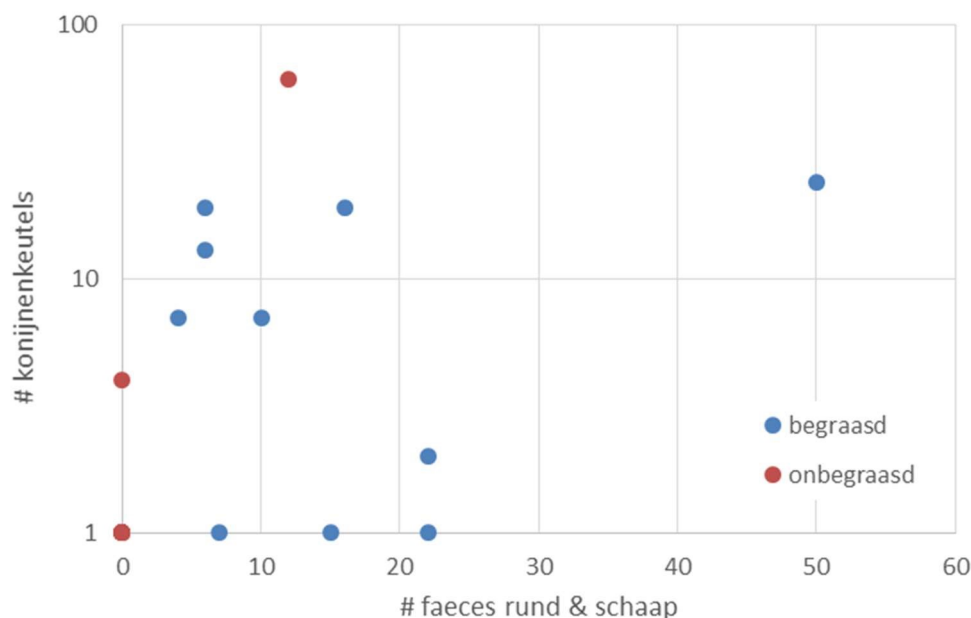
**Table 5.3.** Faeces of cattle (Scottish Highlanders and Soay sheep) and rabbits in the Vallei van het Veen, for vegetation stratum and grazing treatment. \*data for plot 7 in 2018 is not reliable, because prior to the investigation the enclosure was damaged, temporarily giving access to cattle.

plot	begrazing	strata	Vee				Konijnen			
			1993	2000	2010	2018	1993	2000	2010	2018
21	begraasd	duinheide	0	11	9	4	125	0	0	7
23	begraasd	duinheide	0	1	6	6	11	0	0	13
24	begraasd	duinheide	0	13	22	9	103	1	0	7
26	begraasd	duinheide	0	19	8	14	32	0	0	19
01	begraasd	vergraste vallei	0	3	1	1	12	0	0	0
08	begraasd	vergraste vallei	0	11	44	29	22	0	23	228
09	begraasd	vergraste vallei	0	1	34	4	261	8	0	0
10	begraasd	vergraste vallei	0	6	1	4	98	21	0	19
11	begraasd	vergraste vallei	0	1	22	0	28	9	0	0
14	begraasd	vergraste vallei	0	0	31	5	58	0	11	2
15	begraasd	vergraste vallei	0	0	47	2	18	0	5	24
17	begraasd	vergraste vallei	0	1	-	-	74	0	-	-
19	begraasd	vergraste vallei	0	5	10	10	142	0	0	0
20	begraasd	vergraste vallei	0	1	27	14	59	2	13	0
<i>aanwezigheid konijnen in % plots</i>			100				35	29	57	

12	onbegraasd	duinheide	0	0	0	0	135	0	0	4
22	onbegraasd	duinheide	0	0	0	0	11	0	0	0
25	onbegraasd	duinheide	0	0	0	0	40	7	0	0
27	onbegraasd	duinheide	0	0	0	0	3	0	0	0
02	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	-	-	33	0	-	-
03	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	-	-	22	2	-	-
04	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	-	-	8	0	-	-
05	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	-	-	0	0	-	-
06	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	0	0	11	0	0	0
07	onbegraasd*	vergraste vallei	0	0	0	12*	549	0	15	61*
13	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	0	0	179	0	0	0
16	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	0	0	32	0	0	0
18	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	0	0	47	0	0	0
28	onbegraasd	vergraste vallei	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>aanwezigheid konijnen in % plots</i>			93				14	10	10*	

### 5.3 Conclusie effecten op fauna

De hoge veebezetting in 2018 en de jaren daarvoor had een negatief effect op de dichtheid aan ongewervelden. De verdeling in lengteklassen liet een wisselend beeld zien, en er zijn geen aanwijzingen verkregen dat begrazing in gemeenschappen met gemiddeld grotere of juist kleinere ongewervelden resulteert. Doordat de vegetatie lager en opener wordt is de



**Figuur 5.10.** Correlatie tussen de activiteit van grazers in de vorm van faeces van rund en schaap, en konijnenkeutels. Merk op dat op het snijpunt van de x-as en y-as 8 onbegrasde punten op elkaar geprojecteerd zijn. De onbegrasde plot waar wel faeces van rund en schaap zijn aangetroffen betrof plot 7 waar het raster tijdelijk stuk is geweest, waardoor het vee toegang had.

**Figure 5.10.** Correlation between grazer activity (faeces of Scottish Highlanders and Soay sheep as proxy) and rabbit droppings. Note that at the intersection of the x axis and y axis, 8 ungrazed points are projected on top of each other. The ungrazed plot where faeces of cattle and sheep were found concerned plot 7 where the grid was damaged, temporarily allowing cattle to access.

beschikbaarheid van de ongewervelden voor op de grond foeragerende vogels als de Tapuit in begrasde plots wel groter dan in onbegrasde plots.

Konijnen lijken wel gefaciliteerd te worden door begrazing, maar de dichtheden zijn nog steeds erg laag, waarschijnlijk als gevolg van de ziektes myxomatose en RHD. Loopkevers kenden de hoogste diversiteit in 2010, na 17 jaar extensieve begrazing, maar de diversiteit nam sterk af in 2018. Spinnen kenden juist een hoge diversiteit in 2018. Het aantal soorten loopkevers en spinnen en de diversiteit van hun levensgemeenschappen verschilt binnen deze jaren echter nauwelijks tussen begrasde en onbegrasde plots.

Er kunnen twee verklaringen zijn voor deze patronen:

- 1) jaarlijks wisselende omstandigheden anders dan veebezetting – zoals de zeer droge en warme zomer van 2018 – heeft een overheersend effect gehad op de diergemeenschappen in alle begrasde en onbegrasde plots en
- 2) de exclusies van 40x40 meter zijn te klein ten opzichte van het gehele begrazingsgebied zodat begrazing ook een effect heeft op de gemeenschappen binnen de exclusies.

Het is zeer waarschijnlijk dat er een combinatie tussen deze twee factoren is opgetreden, waarbij de combinatie van warm en droog weer en enkele jaren met een hoge veebezetting een zodanig groot effect heeft gehad op dierpopulaties dat deze zowel buiten als binnen de exclusies hetzelfde patroon laten zien.

## 6 Procesindicatoren voor begrazing

### 6.1 Begrazing als reguliere beheermaatregel of als herstelmaatregel

In veel duingebieden wordt begrazing ingezet als reguliere beheermaatregel om vergrassing en verruiging tegen te gaan, de successie te vertragen, een open structuur in de vegetatie te creëren of, meer in het algemeen, de structuurvariatie in een gebied te vergroten. Soms wordt begrazing toegepast in de vorm van drukbegrazing, een tijdelijk hoge graasdruk met geiten en/of schapen, om de opslag van struweel- en boomsoorten binnen een kort tijdsbestek terug te dringen.

Waar begrazing als reguliere beheermaatregel wordt toegepast, kan enige intensivering ervan zinvol zijn als effectgerichte maatregel tegen de effecten van stikstofdepositie (Smits et al. 2016). (Extra) begrazen is een erkende herstelmaatregel in diverse habitattypen die in duingebieden voorkomen, te weten Grijze duinen (H2130), Duinheiden met kraaihei (H2140), Duinheiden met struikhei (H2150), Kruipwilgstruwelen (H2170), Vochtige duinvalleien (H2190) en de droge variant van Duinbossen (H2180A). Begrazen wordt vaak gecombineerd met andere erkende herstelmaatregelen als maaien, plaggen, chopperen of het herstel van dynamiek (verstuiving) (Smits & Bal 2014).

### 6.2 Monitoring en procesindicatoren

De effecten van herstelmaatregelen worden in het kader van Natura 2000 gemonitord om vast te stellen of de genomen maatregelen in stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden van VHR-soorten in voldoende mate effectief zijn om het effect van een overmaat aan stikstof te mitigeren of het verzurende effect tegen te gaan. Veel herstelmaatregelen zijn in eerste instantie gericht op een verbetering van de standplaatscondities (abiotiek, vegetatiestructuur), waardoor deze op termijn (weer) geschikt worden voor soorten die karakteristiek zijn voor het habitatype.

Economische activiteiten binnen de begrenzing of nabijheid van Natura 2000-gebieden kunnen alleen worden toegestaan (vergund) onder voorwaarde dat de kwaliteit van aanwezige habitattypen en/of leefgebieden van VHR soorten niet verslechtert. In het kader van het NEM worden eens in de 4 jaar permanente kwadranten opgenomen die onderdeel uitmaken van het LMF-meetnet. In het kader van de SNL-monitoring wordt eens in de 12 jaar een vegetatiekartering gemaakt. Typische soorten van habitattypen worden eens in de 6 jaar gekarteerd. Om het effect van herstelmaatregelen vast te stellen dienen er binnen een termijn van enkele jaren indicaties te zijn of herstelmaatregelen het beoogde effect hebben. Derhalve is een methodiek ontwikkeld om al op een termijn van enkele jaren een indicatie te krijgen van het natuurherstel.

Voor de monitoring van habitats en VHR soorten zijn de zogenaamde procesindicatoren ontwikkeld (Smits et al. 2016). Deze zijn zodanig gekozen dat op relatief korte termijn (binnen drie jaar) een indicatie kan worden verkregen van het proces van natuurherstel. Procesindicatoren kunnen verschillen per habitatype-maatregel combinatie (Smits et al. 2016).

Als mogelijke procesindicatoren worden in Smits et al. (2016) genoemd:

- Remote sensing
- Vegetatie (soortensamenstelling/structuur)
- Indicatorsoorten
- Abiotiek

### **Remote sensing**

Veranderingen in vegetatiestructuur zijn goed te monitoren aan de hand van *true-colour* en *false-colour* luchtfoto's, of zeer hoge resolutie multispectrale satellietbeelden, waarbij de resultaten semi-automatisch kunnen worden geoptimaliseerd met gebruikmaking van *machine learning* (Mücher et al. 2017, 2019). De mate van verruiging en verschraling kan in de tijd worden gevolgd aan de hand van de NDVI (*normalized difference vegetation index*), zoals de groenmonitor (Smits et al. 2016). Verandering van een vegetatie met één dominante soort (bijvoorbeeld duinriet of helm) naar een vegetatie waarin meerdere soorten domineren is op luchtfoto's doorgaans goed te zien en met remote sensing technieken te kwantificeren, mits voldoende *ground truthing data* voorhanden zijn. Daarbij kan de informatie van PQ's behulpzaam zijn (Mücher et al. 2017, 2019).

### **Vegetatie**

Het gebruik van (permanente) kwadraten is een bruikbare manier om vegetatieveranderingen onder invloed van (extra)begrazen te monitoren. De gewenste frequentie van bemonstering is afhankelijk van de veranderlijkheid van het (sub)type, waarbij voor de minder dynamische typen (H2140, H2150) kan worden volstaan met eens in de 6 jaar en de wat meer veranderlijke typen (H2120, H2130, H2190) met eens in de 3 jaar.

Op de Waddeneilanden ligt een provinciaal netwerk van permanente kwadraten, het LMF-meetnet dat onderdeel uitmaakt van het NEM en die eens in de vier jaar worden opgenomen. Dit netwerk vormt een prima basis, maar zou uitgebreid moeten worden om voor alle habitat(sub)typen-maatregel combinaties voldoende informatie te leveren voor een beoordeling van veranderingen in de natuurkwaliteit.

### **Indicatorsoorten**

Voor de duinhabitat(sub)typen kan het zinvol zijn indicatorsoorten (flora) te karteren die indicatief zijn voor de mate van verruiging, verdroging, verzuring of eutrofiëring. Voordeel daarvan is dat bij een keuze van de juiste indicatorsoorten vrij snel een gebiedsdekkend beeld kan worden verkregen van de ontwikkelingen in het terrein en of de uitgevoerde herstelmaatregelen er voor zorgen dat de kwaliteit van habitattypen niet verslechtert of, in het gunstige geval, verbetert. Een nadeel van permanente kwadraten is namelijk dat ze vaak niet op de plekken liggen waar belangrijke veranderingen optreden. Dat nadeel wordt met indicatorsoorten ondervangen. De keuze van de juiste indicatorsoorten vormt doorgaans een aanvulling op de kartering van SNL soorten en typische soorten.

### **Abiotiek**

Grijze duinen zijn onder invloed van stikstof op veel plaatsen verruigd en verzuurd. Dit gaat vaak gepaard met een dikke vervilte strooisellaag. Vooral met drukkbe grazing, waarbij gedurende een beperkte periode lokaal een hoge graasdruk wordt aangelegd, kan een dik organisch pakket worden open gebroken zodat betere kiemings- en groeiomstandigheden ontstaan voor karakteristieke duingraslandsoorten. Dit proces kan worden gemonitord door de dikte van de strooisellaag in de tijd te volgen (Smits et al. 2016).

In duinbegroeiingen die onder invloed staan van het grondwater, zoals Vochtige duinvalleien (H2190), is het zinvol om de vegetatiemonitoring aan de hand van permanente kwadraten en of indicatorsoorten te combineren met peilbuisgegevens. Op die manier kunnen eventuele veranderingen in de vegetatie als gevolg van verdroging of vernatting worden geduid.

## 6.3 (Extra) begrazen op de Friese Waddeneilanden als herstelmaatregel

De provincie Fryslân heeft concreet de vraag gesteld hoe het door de provincie beheerde meetnet van permanente kwadraten op de Friese Waddeneilanden in begraasde gebieden kan worden verbeterd c.q. opgezet om de begrazingseffecten in het kader van Natura 2000/monitoring herstelmaatregelen goed in beeld te krijgen. Daarnaast kan de vraag worden gesteld of er naast permanente kwadraten ook nog andere procesindicatoren geschikt zijn voor het monitoren van de effecten van (extra)begrazen.

In tabel 6.1 staat een overzicht waar (extra)begrazen als herstelmaatregel zal worden toegepast. Het betreft in alle gevallen uitbreiding van bestaande begrazingsgebieden. Op de Friese Waddeneilanden wordt (extra)begrazen als herstelmaatregel ingezet ten behoeve van een zevental habitat(sub)typen: H2130A, H2130B, H2130C, H2140A, H2140B, H2150 en H2190C.

**Tabel 6.1.** Toepassing (extra)begrazen als herstelmaatregel op de Friese Waddeneilanden (Bron: Gebiedsrapportages 2017 (BIJ12) en Meijer 2016, 2017, 2018).

**Table 6.1.** Grazing as (additional) recovery measure on the Frisian Wadden Islands (Source: Area Reports 2017 (BIJ12) and Meijer 2016, 2017, 2018).

Waddeneiland	Areaal	Ten behoeve van	Habitattype
<b>VLIELAND</b>			
Uitbreiding begrazing	260 ha	H2130B	Grijze duinen (kalkarm)
		H2140A	Duinheiden met kraaihei (vochtig)
		H2140B	Duinheiden met kraaihei (droog)
		H2150	Duinheiden met struikhei
		H2190C	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)
<b>TERSCHELLING</b>			
Uitbreiding begrazing	770 ha	H2130B	Grijze duinen (kalkarm)
		H2130C	Grijze duinen (heischraal)
		H2140A	Duinheiden met kraaihei (vochtig)
		H2140B	Duinheiden met kraaihei (droog)
		H2150	Duinheiden met struikhei
<b>AMELAND</b>			
Uitbreiding begrazing	250 ha	H2130B	Grijze duinen (kalkarm)
		H2140A	Duinheiden met kraaihei (vochtig)
		H2140B	Duinheiden met kraaihei (droog)
		H2150	Duinheiden met struikhei
<b>SCHIERMONNIKOOG</b>			
Uitbreiding begrazing	278 ha	H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)
		H2130B	Grijze duinen (kalkarm)
		H2130C	Grijze duinen (heischraal)

### Vlieland

Extensieve begrazing met een kudde Soay schapen in combinatie met een aantal Schotse Hooglanders is hier in 1993 van start gegaan in de Vallei van het Veen (ca. 200 ha), met name om de vergassing van dingraslanden (H2130B) en duinheiden (H2140A, H2140B, H2150) met helm, zandzegge en duinriet tegen te gaan (Meijer 2016). Daarnaast zijn er wat

kleinere gebieden in de droge duinen van vaak slechts enkele hectares die al dan niet tijdelijk worden beweid met paarden, pony's of geiten. Daarbij wordt zowel jaarrond begrazing als zomer- of winterbeweiding toegepast. Het totale oppervlak aan begraasd duingebied op Vlieland bedroeg recentelijk ruim 340 ha (Meijer 2017a). De planning is om het extensief begraasde gebied uit te breiden met 260 ha. Daarbij gaat het met name om een grotere inzet van Soay schapen (jaarrond).

#### Terschelling

Er vindt vanaf 1988 begrazing plaats op Terschelling (winter-, zomer- en jaarrondbegrazing) in verschillende eenheden met verschillende grazers (meestal pony's of paarden, soms met runderen of geiten), o.a. op de Landerumer heide (Exmoor pony's en geiten ter bestrijding van Amerikaanse vogelkers) en Formerum aan Zee (winterbegrazing met pony's). De totale oppervlakte begraasd duingebied op Terschelling werd recentelijk geschat op ruim 900 ha (Meijer 2017b,c). Het plan is om een aantal nieuwe gebieden in begrazingsbeheer te nemen en een aantal reeds begraasde gebieden uit te breiden. Daarvoor zijn op verschillende plekken zoekgebieden aangewezen, zowel op West-Terschelling (Eldorado en Mastenbroeksduin; extensieve jaarrondbegrazing met Galloways en Exmoor pony's) als op Midden- en Oost-Terschelling (winterbegrazing met pony's). In totaal gaat het om 770 ha ten behoeve van habitattypen H2130B, H2140A, H2140B en H2150 (Meijer 2018).

#### Ameland

Op Ameland vindt begrazing met Soay schapen of Herefords plaats aan de westzijde van het eiland bij oude duinboogcomplexen Hollum-Ballum in diverse begrazingseenheden: Lange Duinen Zuid (160 ha), Jan Roepeheide (45 ha), Roosduinen (100 ha) en Hagedoornveld (120 ha). Hier bevinden zich oude, diep ontkalkte duinen die op veel plaatsen sterk zijn vergrast. Uitbreiding van het begrazingsgebied is gepland in de Hollumer Duinen-Engelsmanduin (winterbegrazing binnen klein verplaatsbare eenheden, waar eerst wordt geplagd als inleidend beheer) ten behoeve van H2130B, H2140A, H2140B en H2150.

Ook de ten oosten van Buren gelegen Kooijduinen, Neerlands Reid (kwelder) en een deel van Het Oerd worden begraasd met vee (schaap, rund, paard) van de Amelander boeren (De Vennoot). Hier is geen uitbreiding van het begrazingsgebied gepland en is geen (extra) begrazen gepland als herstelmaatregel.

#### Schiermonnikoog

Op Schiermonnikoog zijn verschillende begrazingseenheden: op een deel van de Binnenkwelder/Oosterkwelder vindt zomerbeweiding plaats met vee van eilanders. De Groenglop samen met het westelijk deel van de Kooiduinen wordt vanaf 2015 begraasd met Sayaguesa runderen en met Exmoor pony's ten behoeve van H2130A, H2130B, H2130C. Dit gebied zal in de naaste toekomst nog verder westwaarts worden uitgebreid (Vermeulen & Braat 2014; Nijssen et al. 2015). Rond de eendenkooi wordt geweid met Texelaars. In het centrale duingebied zal de seizoensbeweiding met geiten en pony's worden uitgebreid.

#### **Monitoring herstelmaatregelen**

In de meeste gevallen gaat het op de Waddeneilanden om *uitbreiding* van bestaande begrazingseenheden. In sommige gevallen wordt dit voorafgegaan door andere maatregelen zoals plaggen, chopperen of het op gang brengen van verstuiwing (herstel dynamiek). Om de effecten van deze (extra)begrazen goed te kunnen monitoren is een nulmeting van belang, voordat een begrazingsregime wordt ingesteld. Dit kan het beste worden gedaan door het uitzetten van permanente kwadraten (naast eventueel al bestaande PQ's). Per habitat(sub)type moet daarbij worden gedacht aan *tenminste* 10-15 PQ's. Het precieze aantal hangt af van de omvang van het begrazingsgebied en de aanwezige variatie. Zoals al eerder beschreven, is het daarbij van belang een goede nulmeting te hebben, zodat de effectiviteit van (extra)begrazen kan worden vastgesteld.

Het is altijd zinvol om ook een aantal PQ's aan te leggen in terreindelen die buiten de begrazing blijven, maar qua begroeiingstypen vergelijkbaar zijn.



Aangezien het in veel gevallen gaat om te begrazen terreindelen variërend van enkele tientallen tot in enkele gevallen meer dan honderd hectaren wordt aangeraden ook een aantal indicatorsoorten gebiedsdekkend te karteren. Dit kunnen soorten zijn die indicatief zijn voor een goede kwaliteit van de betreffende habitattypen, of soorten die juist af zouden moeten nemen, zoals ruige grassen als duinriet en zandzegge (negatieve indicatorsoorten). Van deze soorten kan een verspreidingskaart worden gemaakt volgens de gridcellenmethode door per rastercel (100 x 100 m; bij kleine gebieden kan zo gewenst voor kleinere celgrootte worden gekozen) te noteren welke van de gekozen indicatorsoorten voorkomen met een schatting van de gemiddelde abundantie. Dit kan iedere 3 jaar worden herhaald. Geschikte indicatorsoorten kunnen SNL-soorten zijn of typische soorten, maar dat hoeft niet. Voor de keuze van indicatorsoorten kan in eerste instantie worden aangesloten bij de soorten die in het kader van SNL-monitoring eens in de 6 jaar worden gemonitord, of worden gemonitord als typische soort in het kader van NEM/Natura 2000-monitoring, aangevuld met een aantal soorten waarvan wordt verwacht dat ze reageren op een herstelbeheer met begrazing uitgaande van een sterk vergraste en/of vervilte situatie en niet heel zeldzaam zijn.

**Tabel 6.2.** Ontwikkelingsreeks habitattype H2130A Grijze duinen (kalkrijk) vanuit een vervilte uitgangssituatie (bron: Schaminée et al. 1998, 2001). In rood: negatieve indicatorsoorten.

**Table 6.2.** Development series of EU habitat type H2130A Grey dunes (calcareous) from a situation with felted litter layer (source: Schaminée et al. 1998, 2001). In red: negative indicator types.

Soort	0 jaar	3-10 jaar	10-25 jaar	SNL	Typische soort	Wetenschappelijke naam
Duinriet	●●	●	●			<i>Calamagrostis epigejos</i>
Zandzegge	●●	●	●			<i>Carex arenaria</i>
Helm	●●	●	+			<i>Ammophila arenaria</i>
Dauwbraam	●●	●	●			<i>Rubus caesius</i>
Gestreepte witbol	●	+	+			<i>Holcus lanatus</i>
Gewone veldbies	●●	●	●			<i>Luzula campestris</i>
Groot laddermos	●●	●	●			<i>Pseudoscleropodium purum</i>
Kruipwilg	●●	●	●			<i>Salix repens</i>
Jakobskruiskruid	●●	●	●			<i>Jacobaea vulgaris</i>
Mannetjesereprijs	●●	●	●			<i>Veronica officinalis</i>
Wilde liguster	●	+				<i>Ligustrum vulgare</i>
Hondsdrif	●	+	+			<i>Glechoma hederacea</i>
Echt bitterkruid	●	+	+	SNL	TS	<i>Picris hieracioides</i>
Gewone eikvaren	●	+	+			<i>Polypodium vulgare</i>
Gewone ereprijs	●	+	+			<i>Veronica chamaedrys</i>
Veldhondstong	●	●	+			<i>Cynoglossum officinale</i>
Glad walstro	●	●	+			<i>Galium mollugo</i>
Kruipend stalkruid	+	●	+			<i>Ononis repens subsp. repens</i>
Geel walstro	●	●●	●●			<i>Galium verum</i>
Gewoon gaffeltandmos	+	●	●			<i>Dicranum scoparium</i>
Smal fakkелgras	+	●	●	SNL		<i>Koeleria macrantha</i>
Ruw vergeet-mij-nietje	+	●	●		TS	<i>Myosotis ramosissima</i>
Gewone vleugeltjesbloem	+	●	●			<i>Polygala vulgaris</i>
Duinroos	+	●	●		TS	<i>Rosa spinosissima</i>
Fijn schapengras	+	●	●●			<i>Festuca filiformis</i>
Groot duinsterretjes		+	+			<i>Syntrichia ruralis var. arenicola</i>
Duinviooltje		+	●		TS	<i>Viola curtisii</i>
Kleverige reigersbek		+	●		TS	<i>Erodium lebelii</i>

●●= abundant; ●=talrijk; + =aanwezig

Enkele ontwikkelingsreeksen staan hieronder uitgewerkt voor de subtypen van het habitatype Grijze duinen (H2130). Daarbij staat vermeld of een soort al gemonitord wordt in het kader van SNL. Voor de overige habitattypen zijn geen ontwikkelingsreeksen bekend. Hier bestaat de lijst met indicatorsoorten voornamelijk uit een selectie van SNL-soorten of typische soorten. In rood staan enkele zogenaamde 'negatieve indicatorsoorten' weergegeven, waarvan juist de afname als gevolg van begrazing als positief wordt beschouwd.

**Tabel 6.3.** Ontwikkelingsreeks habitatype H2130B Grijze duinen (kalkarm) vanuit een vervilte uitgangssituatie. In rood: negatieve indicatorsoorten.

**Table 6.3.** Development series of EU habitat type H2130B Grey dunes (low in lime) from a situation with felted litter layer. In red: negative indicator types.

Soort	0 jaar	3-10 jaar	10-25 jaar	SNL	Typische soort	Wetenschappelijke naam
Zandzegge	●●	●	●			<i>Carex arenaria</i>
Duinriet	●●	●	+			<i>Calamagrostis epigejos</i>
Helm	●●	●	+			<i>Ammophila arenaria</i>
Gewone veldbies	●	+	+			<i>Luzula campestris</i>
Gewoon struisgras	+	●	●●			<i>Agrostis capillaris</i>
Schapenzuring	+	●	●●			<i>Rumex acetosella</i>
Duinroos	+	●	●		TS	<i>Rosa spinosissima</i>
Jakobskruid	+	●	●			<i>Jacobaea vulgaris</i>
Gewoon biggenkruid	+	●	●			<i>Hypochaeris radicata</i>
Ruw vergeet-mij-nietje	+	●	●		TS	<i>Myosotis ramosissima</i>
Fijn schapengras	+	+	●			<i>Festuca filiformis</i>
Muizenoor	+	+	●			<i>Hieracium pilosella</i>
Bruin heidestaartje		+	●			<i>Cladonia glauca</i>
Rode heidelucifer		+	●			<i>Cladonia floerkeana</i>
Open rendiermos		+	●		TS	<i>Cladonia portentosa</i>
Girafje		+	●			<i>Cladonia gracilis</i>
Zomersneeuw		+	●		TS	<i>Cladonia foliacea</i>
Buntgras		+	●	SNL	TS	<i>Corynephorus canescens</i>
Zandblauwtje		+	●			<i>Jasione montana</i>
Vroege haver		+	●			<i>Aira praecox</i>
Duinreigersbek		+	●			<i>Erodium cicutarium dunense</i>
Kleverige reigersbek		+	●		TS	<i>Erodium lebelii</i>
Hondsviooltje		+	●	SNL		<i>Viola canina</i>
Duinviooltje		+	●	SNL		<i>Viola curtisii</i>
Gevlekt heidestaartje		+	●			<i>Cladonia cornuta</i>
Gewoon kraakloof		+	+			<i>Cetraria aculeata</i>
Kraaihei		+	+			<i>Empetrum nigrum</i>

●●= abundant; ●=talrijk; +=aanwezig

**Tabel 6.4.** Ontwikkelingsreeks habitatype H2130C Grijze duinen (heischraal) bij begrazing vanuit sterk vergraste uitgangssituatie (bron: Schaminée et al. 1998, 2001). In rood: negatieve indicatorsoorten.

**Table 6.4.** Development series of EU habitat type H2130C Grey dunes (weakly buffered) when grazing from a heavily encroached situation (source: Schaminée et al. 1998, 2001). In red: negative indicator types.

Soort	0 jaar	3-10 jaar	10-25 jaar	SNL	Typische soort	Wetenschappelijke naam
Duinriet	●●	●	+			<i>Calamagrostis epigejos</i>
Zandzegge	●●	●	+			<i>Carex arenaria</i>
Kruipwilg	●●	●	●			<i>Salix repens</i>
Gestreepte witbol	●	●	+			<i>Holcus lanatus</i>
Drienervige zegge	●	●	+	SNL		<i>Carex trinervis</i>
Tormentil	+	●	●			<i>Potentilla erecta</i>
Gewone veldbies	+	●	●			<i>Luzula campestris</i>
Fijn schapengras	+	●	●			<i>Festuca filiformis</i>
Brunel	+	●	●			<i>Prunella vulgaris</i>
Gewone rolklaver	+	●	●			<i>Lotus corniculatus</i>
Tandjesgras	+	●	●			<i>Danthonia decumbens</i>
Muizenoor	+	+	●			<i>Hieracium pilosella</i>
Hondsviooltje		+	●	SNL	TS	<i>Viola canina</i>
Duinroos		+	●		TS	<i>Rosa spinosissima</i>
Mannetjesereprijs		+	+			<i>Veronica officinalis</i>
Stijve ogentroost		+	+			<i>Euphrasia stricta</i>
Zeegroene zegge		+	+			<i>Carex flacca</i>
Blauwe zegge		+	+			<i>Carex panicea</i>
Gewone vleugeltjesbloem		+	+		TS	<i>Polygala vulgaris</i>
Ruw vergeet-mij-nietje		+	+		TS	<i>Myosotis ramosissima</i>
Knoopkruid		+	+			<i>Centaurea jacea</i>
Kleverige reigersbek			+		TS	<i>Erodium lebelii</i>
Gelobde maanvaren			+	SNL	TS	<i>Botrychium lunaria</i>
Duinviooltje			+		TS	<i>Viola curtusii</i>

●●= abundant; ●=talrijk; + =aanwezig

Voor de habitatypen H2140A, H2140B, H2150 en H2190C zijn geen ontwikkelingsreeksen bekend vanuit verruigde situaties na instellen van een begrazingsbeheer. Voorgesteld wordt hier zoveel mogelijk de SNL-soorten te gebruiken als indicatorsoorten, aangevuld met enkele andere soorten die op begrazing zullen reageren.

Een indicatorsoort die misschien wel het allerbelangrijkst is om te volgen, is het konijn. Op de meeste Waddeneilanden is hun aantal (net als in de vastelandsduinen) sterk gereduceerd als gevolg van herhaalde uitbraken van steeds nieuwe varianten van het RHD-virus. Konijnen zijn een sleutelsoort in het beheer van duingraslanden. De hoop is dat hoefdierbegrazing de duinbegroeiingen weer aantrekkelijk maken voor het konijn als kleine grazer, waardoor de kwaliteit van met name Grijze duinen kan verbeteren.

De combinatie van indicatorsoorten en permanente kwadraten kan vrij snel een indicatie geven over in welke richting de ontwikkelingen gaan onder invloed van de begrazing. Het is zinvol om daarbij ook de terreindelen te betrekken die al begraasd werden in het kader van het reguliere beheer.

**Tabel 6.5.** Habitatype H2140A Duinheiden met kraaihei (vochtig) met indicatorsoorten. Er is geen informatie beschikbaar over ontwikkelingsreeks vanuit verruigde situatie na instellen begrazingsbeheer. In rood: negatieve indicatorsoorten.

**Table 6.5.** EU Habitat type H2140A Dune heathland with crow (moist) with indicator species. No information is available about development series from an encroached situation after grazing management has been set up. In red: negative indicator types.

Soort	SNL	Typische soort	Wetenschappelijke naam
Kraaihei			<i>Empetrum nigrum</i>
Gewone dophei			<i>Erica tetralix</i>
Grote veenbes			<i>Oxycoccus macrocarpos</i>
Drienvervige zegge	SNL	TS	<i>Carex trinervis</i>
Moeraskartelblad	SNL		<i>Pedicularis palustris</i>
Kleine zonnedauw	SNL		<i>Drosera intermedia</i>
Parnassia	SNL		<i>Parnassia palustris</i>
Kruipwilg			<i>Salix repens</i>
Gewone vleugeltjesbloem	SNL		<i>Polygala vulgaris</i>
Verfbrem	SNL		<i>Genista tinctoria</i>
Klein wintergroen	SNL		<i>Pyrola minor</i>
Grote wolfsklauw	SNL		<i>Lycopodium clavatum</i>
Zandzegge			<i>Carex arenaria</i>
Duinriet			<i>Calamagrostis epigejos</i>
Gestreepte witbol			<i>Holcus lanatus</i>
Ruwe berk			<i>Betula pendula</i>
Zachte berk			<i>Betula pubescens</i>
Amerikaanse vogelkers			<i>Prunus serotina</i>

**Tabel 6.6.** Habitatype H2140B Duinheiden met kraaihei (droog) met indicatorsoorten. Er is geen informatie beschikbaar over ontwikkelingsreeks vanuit verruigde situatie na instellen begrazingsbeheer. In rood: negatieve indicatorsoorten.

**Table 6.6.** EU Habitat type H2140B Dune heathland with *Empetrum nigrum* (dry) with indicator species. No information is available about development series from an encroached situation after grazing management has been set up. In red: negative indicator types.

Soort	SNL	Typische soort	Wetenschappelijke naam
Kraaihei			<i>Empetrum nigrum</i>
Drienvervige zegge	SNL	TS	<i>Carex trinervis</i>
Open rendiermos			<i>Cladonia portentosa</i>
Girafje			<i>Cladonia gracilis</i>
Kruipwilg			<i>Salix repens</i>
Berendruif		TS	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>
Verfbrem	SNL		<i>Genista tinctoria</i>
Stekelbrem	SNL		<i>Genista anglica</i>
Gewone eikvaren			<i>Polypodium vulgare</i>
Gewone vleugeltjesbloem	SNL		<i>Polygala vulgaris</i>
Schermhavikskruid			<i>Hieracium umbellatum</i>
Duinroos			<i>Rosa spinosissima</i>
Zandzegge			<i>Carex arenaria</i>
Duinriet			<i>Calamagrostis epigejos</i>
Gestreepte witbol			<i>Holcus lanatus</i>
Ruwe berk			<i>Betula pendula</i>
Amerikaanse vogelkers			<i>Prunus serotina</i>
Zwarte den			<i>Pinus nigra</i>

**Tabel 6.7.** Habitatype H2150 Duinheiden met struikhei met indicatorsoorten. Er is geen informatie beschikbaar over ontwikkelingsreeks vanuit verruigde situatie na instellen begrazingsbeheer. In rood: negatieve indicatorsoorten.

**Table 6.7.** EU Habitat type H2150 Dune heathland with *Calluna vulgaris* with indicator species. No information is available about development series from a n encroached situation after grazing management has been set up. In red: negative indicator types.

Soort	SNL	Typische soort	Wetenschappelijke naam
Struikhei			<i>Calluna vulgaris</i>
Stekelbrem	SNL		<i>Genista anglica</i>
Girafje		TS	<i>Cladonia gracilis</i>
Open rendiermos		TS	<i>Cladina portentosa</i>
Bruin heidestaartje		TS	<i>Cladonia glauca</i>
Pilzegge			<i>Carex pilulifera</i>
Gewoon haarmos			<i>Polytrichum commune</i>
Kussentjesmos			<i>Leucobryum glaucum</i>
Hondsviooltje	SNL		<i>Viola canina</i>
Gewone vleugeltjesbloem	SNL		<i>Polygala vulgaris</i>
Klein wintergroen	SNL		<i>Pyrola minor</i>
Gewone rolklaver			<i>Lotus corniculatus</i>
Gewone veldbies			<i>Lzula campestris</i>
Fijn schapengras			<i>Festuca filliformis</i>
Helm			<i>Ammophila arenaria</i>
Zandzegge			<i>Carex arenaria</i>
Duinriet			<i>Calamagrostis epigejos</i>
Ruwe berk			<i>Betula pendula</i>
Amerikaanse vogelkers			<i>Prunus serotina</i>
Zwarte den			<i>Pinus nigra</i>

**Tabel 6.8.** Habitatype H2190C Vochtige duinvallei (ontkalkt) met indicatorsoorten. Er is geen informatie beschikbaar over ontwikkelingsreeks vanuit verruigde situatie na instellen begrazingsbeheer. In rood: negatieve indicatorsoorten.

**Table 6.8.** EU Habitat type H2190C Moist dune valley (decalcified) with indicator species. No information is available about development series from an encroached situation after grazing management has been set up. In red: negative indicator types.

Soort	SNL	Typische soort	Wetenschappelijke naam
Drienerlige zegge	SNL	TS	<i>Carex trinervis</i>
Dwergbloem	SNL	TS	<i>Centunculus minimus</i>
Dwergvlas	SNL	TS	<i>Radiola linoides</i>
Harlekijn	SNL		<i>Anacamptis morio</i>
Knopbies	SNL		<i>Schoenus nigricans</i>
Moeraskartelblad	SNL		<i>Pedicularis palustris</i>
Oeverkruid	SNL		<i>Littorella uniflora</i>
Parnassia	SNL		<i>Parnassia palustris</i>
Rond wintergroen	SNL		<i>Pyrola rotundifolia</i>
Verfbrem	SNL		<i>Genista tinctoria</i>
Waterpunge	SNL		<i>Samolus valerandi</i>
Riet			<i>Phragmites australis</i>
Duinriet			<i>Calamagrostis epigejos</i>
Gestreepte witbol			<i>Holcus lanatus</i>
Ruwe berk			<i>Betula pendula</i>
Zachte berk			<i>Betula pubescens</i>
Zwarte els			<i>Alnus glutinosa</i>

Mocht een van de doelen zijn om met de (extra)begrazing vooral houtige opslag terug te dringen, dan kan ter aanvulling van voorgaande ook remote sensing worden ingezet in de monitoring. Aan de hand van AHN-hoogtebestand kan een objecthoogte bestand worden geconstrueerd dat in de tijd (1x per 6 jaar) kan worden gevolgd (zie hiervoor). Daarbij kunnen ter ondersteuning eventueel ook luchtfoto's of hoge resolutie satellietbeelden worden gebruikt. Dergelijke foto's kunnen ook prima worden gebruikt om een toename van stuifplekken in de tijd te volgen.

Met deze combinatie van procesindicatoren kan het effect van de herstelmaatregel '(extra)begrazing' goed in de tijd worden gevolgd.

## 6.4 Terreinbezoeken Friese Waddeneilanden

Hieronder volgen enkele aanvullingen en bevindingen n.a.v. de veldbezoeken (17, 18 en 23 april 2019) met de beheerders van duingebieden op Terschelling, Schiermonnikoog en Ameland (Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten).

### Terschelling

Er liggen ca. 100 permanente kwadraten van het provinciale meetnet (LMF) op Terschelling, waarvan een deel in de huidige begraasde gebieden en ook een deel in het zoekgebied waar uitbreiding van begrazing is gepland (figuur 6.1). De meeste van deze PQ's worden eens in de 4 jaar opgenomen (gestart in 2002). Dit aantal zou in overleg met de beheerder wat verder moeten worden uitgebreid. Hier en daar is een exclusie aanwezig, zoals bij Rita's duin (figuur 6.2). Deze zijn voor de monitoring van herstelmaatregelen niet zo relevant (zie verderop), hoogstens als demonstratieobject om het effect van niet-begrazen zichtbaar te maken.



**Figuur 6.1.** Ligging PQ's van het Provinciale meetnet (LMF) op Terschelling. Opnamejaren 2002, 2006, 2010, 2014; een deel is gestart in 2003 (totaal 421 vegetatieopnamen).

**Figure 6.1.** Location vegetation PQ's of the Provincial monitoring network (LMF) on Terschelling. Recording years 2002, 2006, 2010, 2014; some started in 2003 (a total of 421 vegetation relevées).

Kartering van een aantal indicatorsoorten van Grijze duinen (H2130), Duinheiden (H2140, H2150) en Vochtige duinvalleien (H2190) wordt sterk aanbevolen (zie tabel 6.2-6.8). De daadwerkelijke keuze kan het best worden afgestemd met de beheerder die mogelijk zelf ook al diverse soorten monitort in het kader van de Natura 2000 (typische soorten), Rode lijstsoorten of SNL monitoring.



**Figuur 6.2.** Voorbeeld van een enclosure in habitattype Grijze duinen (H2130) bij Rita's duin (Terschelling). Hier vindt begrazing met pony's, Hereford runderen en een aantal Koniks plaats. Voorkomen van helm wordt duidelijk onderdrukt door begrazing (foto Loek Kuiters).

*figure 6.2. Example of an enclosure in habitat type Grey dunes (H2130) at Rita's dune (Terschelling). Grazing with ponies, Hereford cattle and some Koniks takes place here. Marram grass is clearly suppressed by grazing (photo Loek Kuiters).*



**Figuur 6.3.** Veldbezoek aan Terschelling met vertegenwoordigers van de provincie Fryslân onder leiding van Staatsbosbeheer (foto Loek Kuiters).

*Figure 6.3. Field visit to Terschelling with representatives of the province of Fryslân led by the Forestry Service (photo Loek Kuiters).*

In de gebieden waar al geruime tijd extensieve (jaarrond) begrazing plaatsvindt, zoals Eldorado, zal het begraasde gebied sterk worden uitgebreid. Het is van belang te volgen wat er hier na uitbreiding zal gebeuren. In geval verruiging optreedt van het reeds langer begraasde deel van het gebied kan zo nodig worden bijgestuurd. Evenzo kan worden bijgestuurd wanneer kwetsbare, korstmosrijke delen te veel worden betreden (figuur 4). Dit vraagt om een goed uitgekiend meetnet van permanente kwadraten, aangevuld met een monitoring van (begrazingsgevoelige) indicatorsoorten. De structuurvariatie kan in een dergelijk groot begrazingsgebied goed met remote sensing in de tijd worden gevolgd.



**Figuur 6.4.** Deel ten zuiden van Eldorado op Terschelling met korstmosrijke vegetaties buiten het huidige begrazingsgebied (foto Loek Kuiters).

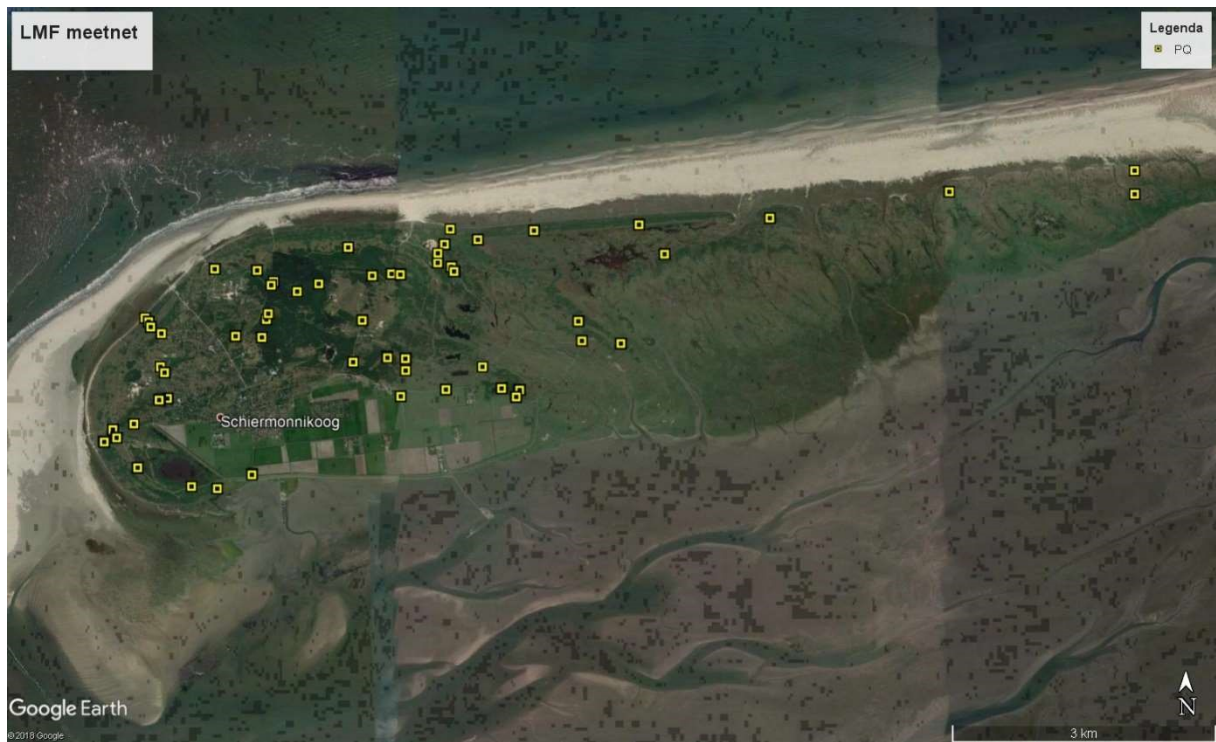
*Figure 6.4. South of dune area 'Eldorado' on Terschelling with lichen-rich vegetation outside the current grazing area (photo Loek Kuiters).*

#### Schiermonnikoog

Er liggen ca. 60 PQ's van het provinciale meetnet (LMF) op Schiermonnikoog, waarvan een deel in de huidige begraasde gebieden (figuur 6.5). De meeste van deze PQ's worden eens in de 4 jaar opgenomen (gestart in 2004). Dit aantal zou in overleg met de beheerder wat verder moeten worden uitgebreid. Hier en daar is een exclusie aanwezig, zoals in de Groenglop (figuur 6.6). Bij het zoekgebied voor uitbreiding van de begrazing wordt zo veel mogelijk aangesloten bij bestaande begrazingsgebieden.

Op Schiermonnikoog worden goede resultaten geboekt met het inscharen van een 12 tal Nederlandse landgeiten. Deze zijn prima in staat om struweel in korte tijd open te breken (figuur 8).





**Figuur 6.5.** Ligging PQ's van het Provinciale meetnet (LMF) op Schiermonnikoog. Opnamejaren 2004, 2008, 2012, 2016 (totaal 172 vegetatieopnamen).

**Figure 6.5.** Location of vegetation PQs of the Provincial monitoring network (LMF) on Schiermonnikoog. Recording years 2004, 2008, 2012, 2016 (total 172 vegetation releves).



**Figuur 6.6.** Groenglop op Schiermonnikoog waar sinds enkele jaren Sayaguesa runderen en Exmoor pony's grazen (voorheen Soay schapen). Een enkele enclosure met massale opslag van ruwe berk laat zien wat er gebeurt zonder begrazing (foto Loek Kuiters).

**Figure 6.6.** Area 'Groenglop' on Schiermonnikoog where Sayaguesa cattle and Exmoor ponies (formerly Soay sheep) graze for several years. A single enclosure with massive storage of birch *Betula pendula* shows what happens without grazing (photo Loek Kuiters).



**Figuur 6.7.** Duinviooltje en Kandelaartje zijn indicatoren van goede kwaliteit Grijze duinen (H2130) (foto's Loek Kuiters).

**Figure 6.7.** *Viola tricolor subsp. curtisii* and *Saxifraga tridactylites* are indicators of good quality Grey dunes (H2130) (photos by Loek Kuiters).



**Figuur 6.8.** Voor het openbreken en terugdringen van struweel zijn geiten zeer effectief. Op de foto jonge Nederlandse landgeiten aan het werk op Schiermonnikoog (foto Loek Kuiters).

**Figure 6.8.** Goats are very effective in opening and reducing shrubs and thickets. In this photo young Dutch land goats at work on Schiermonnikoog (photo Loek Kuiters)

#### Ameland

Er liggen ca. 72 PQ's van het provinciale meetnet (LMF) op Ameland, waarvan een deel in de begraasde gebieden (figuur 6.9). De meeste van deze PQ's worden eens in de 4 jaar opgenomen (gestart in 2005). Dit aantal zou in overleg met de beheerder wat verder moeten worden uitgebreid. Hier en daar is een exclusie aanwezig, zoals in de Zwanewaterduinen (figuur 6.10). Bij het zoekgebied voor uitbreiding van de begrazing wordt zo veel mogelijk aangesloten bij bestaande begrazingsgebieden.

Er is een plan om ter hoogte van Ballumer Blinkert op termijn de buitenste duinrichel te redynamiseren zodat er weer meer overstuiving kan plaatsvinden in de daarachter gelegen verzuurde duinvegetaties (figuur 6.11). Daartoe zou het fietspad, dat nu op de laagste plekken in natte periodes soms onder water staat, moeten worden verlegd om ruimte te bieden aan verstuing vanuit de zeereep.



**Figuur 6.9.** Ligging PQ's van het Provinciale meetnet (LMF) op Ameland. Opnamejaren 2005, 2009, 2013, 2017 (totaal 244 vegetatieopnamen).

**Figure 6.9.** Location of vegetation PQs of the Provincial monitoring network (LMF) on Ameland. Recording years 2005, 2009, 2013, 2017 (total 244 vegetation relevees).



**Figuur 6.10.** Grens van het begrazingsgebied in de Zwanewaterduinen op Ameland laat een duidelijk verschil zien in ruig duingrasland (links, onbegrast) en door runderen begrast duingrasland (rechts) (foto: Loek Kuiters).

**Figure 6.10.** The boundary of the grazing area in the Zwanewaterduinen on Ameland shows a clear difference in rugged dune grassland (left, ungrazed) and cattle dune grassland (right) (photo: Loek Kuiters).

De combinatie van het opnieuw in verstuiving brengen en uitbreiding van de begrazing zien we op vrijwel alle eilanden. Dit herstelproces kan het beste worden gemonitord aan de hand van vaste PQ's, in combinatie met kartering van indicatorsoorten en remote sensing, om zo het in verstuiving geraakte areaal te kunnen monitoren (breidt het zich uit, of groeit het uiteindelijk weer dicht).



**Figuur 6.11.** Stuifkuilen in het Hagedoornveld op Ameland. Het plan is om de sinds 2012 weer aanwezige stuifkuilen te verbinden met het opnieuw in verstuiving brengen van de zeereep, zodat over een groter gebied uit- en overstuiving kan plaatsvinden om zo in combinatie met begrazing met runderen de kwaliteit van vooral Grijze duinen (H2130) te verbeteren (foto: Loek Kuiters).

*Figure 6.11. Dune blowouts in the Hagedoornveld on Ameland. Plan is to connect the present blowouts with the redynamisation of the front dune row. Aeolian activity of sand, spreading over a larger area in combination with cattle grazing can improve the quality of Grey dunes H2130 (photo: Loek Kuiters).*

#### Vlieland

Er liggen 44 PQ's van het provinciale meetnet (LMF) op Vlieland, waarvan een deel in de begraasde gebieden (figuur 6.12). De meeste van deze PQ's worden eens in de 4 jaar opgenomen (gestart in 2003). Dit aantal zou in overleg met de beheerder wat verder moeten worden uitgebreid, rekening houdend met begraasde gebieden en uitbreidingsgebieden voor begrazing (ca. 260 ha). Ook hier gelden de eerder gemaakte opmerkingen over de wijze waarop de monitoring van herstelmaatregelen vorm gegeven zou moeten worden: een combinatie van permanente kwadraten, aangevuld met een kartering van een aantal indicatorsoorten en remote sensing voor het monitoren van veranderingen in vegetatiestructuur en dynamiek van stuifplekken. In de Vallei van het Veen worden de effecten van begrazing op met name Duinheiden met kraaihei (H2140B) al sinds 1993 gemonitord met gebruikmaking van onbegraasde (exclosures) en begraasde plots. Voor de resultaten daarvan wordt verwezen naar hoofdstuk 4.



**Figuur 6.12.** Ligging PQ's van het Provinciale meetnet (LMF) op Vlieland. Opnamejaren 2003, 2007, 2011, 2015 (176 vegetatieopnamen).

**Figure 6.12.** Location of vegetation PQs of the Provincial monitoring network (LMF) on Vlieland. Recording years 2003, 2007, 2011, 2015 (176 vegetation relevees).

## 6.5 Analyse vegetatiestructuur met remote sensing

Onderdeel van de vegetatiemonitoring op Vlieland is ook het periodiek vastleggen van de vegetatiestructuur, in het bijzonder de opslag van houtige soorten als Amerikaanse vogelkers, Zachte berk, Ruwe berk en Wilde lijsterbes. Tot nu toe werd dit altijd gedaan door het tellen van boompjes per hoogteklaas. Dit is nogal arbeidsintensief en de vraag was of met *remote sensing* sneller en accurater vergelijkbare informatie kan worden verkregen. Dit is ook met name relevant voor de PAS-monitoring waar *remote sensing* wordt voorgesteld als methode voor de monitoring van vegetatiestructuur (Smits et al.2016; Mûcher et al. 2017). Het BACI experiment op Vlieland biedt de mogelijkheid om beide methodes met elkaar te vergelijken om vast te stellen welke in het kader van de PAS-monitoring het meest nauwkeurig en meest (kosten)efficiënt is.

### Methodisch

*Remote sensing* is een geschikte methode voor het monitoren van vegetatiestructuur waarbij gebruik kan worden gemaakt van het algemene hoogtebestand (AHN). Dit bestaat uit 3D punten (x-, y- in het RD stelsel en z-coördinaat met hoogte ten opzichte van NAP) die vanuit een vliegtuig zijn ingemeten (LIDAR). Het bestand bevat 8 tot 12 punten per m<sup>2</sup>. De punten die voor het aanmaken van het digitale terreinmodel gebruikt zijn hebben een klassecodering 'grond', alle andere punten zijn voorzien van de klassecodering 'overig'. Dit zijn alle objecten die boven de grond staan, zoals gebouwen, masten, auto's, struiken en bomen. De AHN data voor Vlieland is beschikbaar voor 2008 (AHN2) en 2014 (AHN3).

Voor dit gebied is er vanuit gegaan dat alle punten boven de grond begroeiing zijn. Om de hoogte van de begroeiing te kunnen bepalen is de hoogte van de 3D punten (z-coördinaat) ongevormd naar een relatieve hoogte ten opzichte van de punten met de klassecodering

'grond'. De z-waarde voor ieder punt is de hoogte boven de grond. Vervolgens is het gebied verrasterd waarbij per gridcel van 0.5 bij 0.5 meter de maximale hoogte van de punten die binnen deze cel vallen als waarde is genomen. Het resultaat is nu een raster met de hoogte van de opgaande begroeiing. Dit raster is ingedeeld in zes hoogteklassen (0, 0.1 – 0.5 m, 0.5 – 1 m, 1 – 2 m, 2 – 4 m en >4 m) en hiermee is per plot de oppervlakteverdeling per klasse uitgerekend.

AHN is toegepast op de plots van het BACI experiment. Vooral nog is alleen gebruik gemaakt van de exclusures, omdat de ligging van deze plots goed te herkennen was op de luchtfoto's. De ligging van de referentieplots is niet goed zichtbaar en moet nog een keer met DGPS precies worden ingemeten. Er is gebruik gemaakt van zowel AHN2 (2008) als van AHN3 (2014), zodat veranderingen in de tijd konden worden geanalyseerd. Er is geen onderscheid gemaakt tussen soorten. Daarvoor zijn andere technieken nodig (Hantson et al. 2010 & 2012).

Er is gekeken naar de vegetatiestructuur binnen de 20 x 20 m zone van iedere exclusure. De resultaten staan samengevat in figuur 6.13 en een voorbeeld voor exclusure 27 is uitgewerkt in figuur 6.14.

Veranderingen in de tijd kunnen dus goed zichtbaar worden gemaakt met *remote sensing*, evenals de belangrijkste hoogteklassen waar de veranderingen plaatsvinden. Zo zijn er in de periode 2008-2014 vooral veel kleine struikjes/boompjes bijgekomen in de klasse <0.5 m. En gemiddeld nam de bedekking met opgaande begroeiing in de exclusures toe van 11% in 2008 naar 30% in 2014.

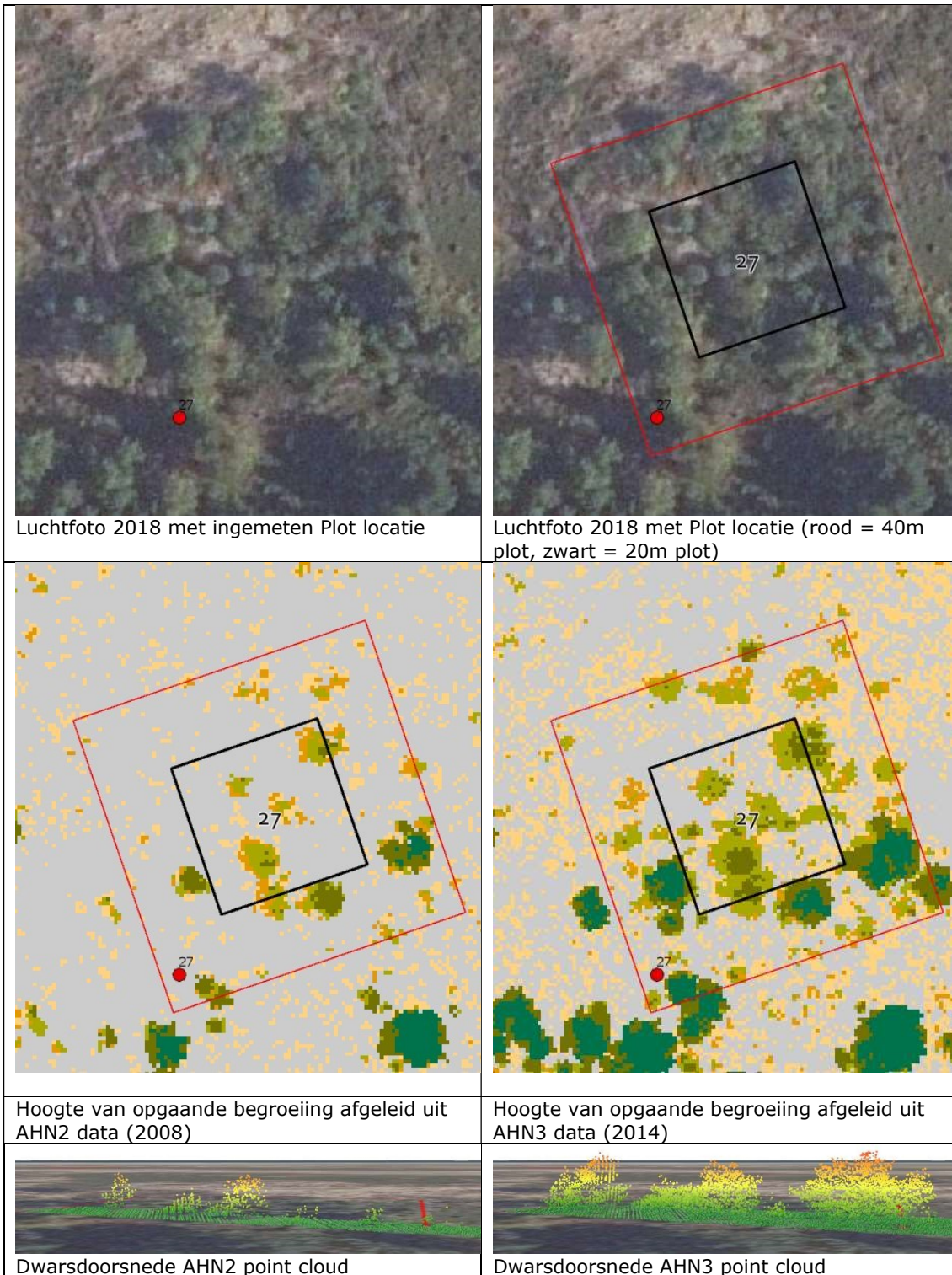


**Figuur 6.13.** Procentuele bedekking van houtige opslag (gesommeerd over alle soorten en hoogteklassen) in afzonderlijke exclusures in 2008 en 2014 (links; met nummer van de exclusures) en verandering in de bedekking van de hoogteklassen (rechts; gemiddeld over de 10 exclusures).

**Figure 6.13.** Coverage in percentage of shrubs and trees (summed over all types and height classes) in separate exclusures in 2008 and 2014 (left; with number of the exclusures) and change in the coverage of the height classes (right; average over the 10 exclusures).

## 6.6 Methodische conclusies op basis van het BACI-experiment

In het BACI experiment op Vlieland is gebruik gemaakt van permanente kwadraten (2 x 2 m) in zowel begraasde als onbegraasde (exclusures) plots. Deze waren voornamelijk gesitueerd in één habitatype (H2140B Duinheiden met kraaihei). De vastgestelde effecten van begrazing hebben daarmee vooral betrekking op dat habitatype. Achteraf gezien is het jammer dat niet tevens ook plots zijn gekozen in habitatypen waarvan de kwaliteit sterk onder druk staan van stikstofdepositie, verzuring en verdroging in respectievelijk H2130 Grijze duinen en H2190 Vochtige duinvalleien.



**Figuur 6.14.** Ontwikkeling vegetatiestructuur in enclosure 27. Met de AHN point cloud data kunnen ook driedimensionale beelden worden gecreëerd.

**Figure 6.14.** Development of vegetation structure in enclosure 27. Three-dimensional images can also be created with the AHN point cloud data.

De opnamefrequentie van de permanente kwadraten bedroeg ca. 7-10 jaar (1993, 2000, 2010, 2017). In een relatief stabiel en weinig veranderlijk habitatype als Duinheiden met kraaihei bleek dat goed bruikbare resultaten op te leveren. Maar voor andere duinhabitattypen, als Grijze duinen of Vochtige duinvalleien zouden eens in de drie jaar vegetatieopnamen moeten worden gemaakt. Door in het monitoringsprogramma ook plots mee te nemen binnen enclosures valt het effect van begrazing goed te onderscheiden van

veranderingen die sowieso optreden als gevolg van andere milieufactoren (zoals vernatting of verdroging).

Veranderingen in vegetatiestructuur, in het bijzonder de opslag van struweel- en boomsoorten, kan met remote sensing goed worden gemonitord. Voorwaarde is wel dat er luchtfoto's of satellietbeelden beschikbaar zijn met een hoge resolutie. Het algemene hoogtebestand Nederland (AHN2/AHN3) kan prima worden gebruikt om over een langere tijdsperiode (ca. 6 jaar) veranderingen in het voorkomen van houtige opslag te detecteren en kwantificeren. Het AHN bestand wordt eens in de zes jaar geactualiseerd (Mücher et al. 2017, 2019). Wil men veranderingen in een tijdsbestek van 3 jaar detecteren, dan zal met behulp van een drone moeten worden gevlogen (laseraltimetrie) om een digitaal terrein model te construeren.

### **Gebruik van exclosures: ja of nee?**

Een kanttekening kan worden geplaatst bij het gebruik van exclosures. Doel van de monitoring van herstelmaatregelen is vooral om:

- a) te kunnen vaststellen of de kwaliteit van habitattypen niet verslechtert of in het gunstige geval verbetert
- b) de effectiviteit van herstelmaatregelen te kunnen vaststellen.

Om te kunnen vaststellen of begrazing het beoogde effect heeft op flora en fauna zijn exclosures niet per se nodig. Begrazing is een erkende en voor de meeste duinhabitat(sub)typen bewezen herstelmaatregel waarvan bekend is dat deze effectief vergrassing, verruiging en verstruweling kan terugdringen. Dat laten exclosures doorgaans ook duidelijk zien (zie voorbeelden hiervoor). Vanuit de monitoring van herstelmaatregelen is de eis dat van alle aanwezige habitattypen moet worden vastgesteld dat de kwaliteit in ieder geval niet verslechtert (maar bij voorkeur verbetert). Een meetnet van permanente kwadraten, aangevuld met een goede set indicatorsoorten kan deze informatie leveren.

De meerwaarde van exclosures voor beleidsmonitoring is gering. De nadelen wegen zwaarder: vanuit de monitoring van herstelmaatregelen zouden in ieder habitatype een aantal exclosures nodig zijn om de doelen die er gesteld zijn voor met name de kwaliteit van habitat(sub)typen te kunnen evalueren. Exclosures leveren voor het terreinbeheer veel extra kosten op (plaatsing en vooral onderhoud), nog afgezien van het visueel aspect van rasters in het terrein. Vanuit wetenschappelijk oogpunt zijn exclosures een hele probate methode, zoals het BACI experiment laat zien. Effecten van begrazing kunnen op deze wijze goed worden onderscheiden van andere invloeden of trends zoals successie, vernatting, verdroging, vermesting, klimaatverandering etc..

## **6.7 Aanbevelingen procesindicatoren**

In het algemeen geldt dat voor ieder gebied waar herstelmaatregelen worden genomen een monitoringsplan moet worden opgesteld. Daarin wordt voor alle maatregel-habitat-combinaties aangegeven hoe deze gemonitord zullen worden (hoe, waar en met welke frequentie). Hieronder volgen enkele aanbevelingen die specifiek gelden voor de herstelmaatregel (extra) begrazen:

- Permanente kwadraten zijn prima bruikbaar om vegetatieveranderingen onder invloed van begrazing vast te leggen. Kies proefvlakken in alle habitat(sub)typen waar begrazingseffecten (kunnen) optreden. Ga uit van *tenminste* 10-15 proefvlakken per habitat(sub)type in het begraasde deel van het gebied en, indien mogelijk, een gelijk aantal PQ's in vergelijkbare, maar onbegraasde delen van het gebied. De afmeting moet worden afgestemd op het vegetatietype. Voor duingrasland en duinvalleibegroeiingen volstaan doorgaans PQ's van 2 x 2 m. Voor struwelen wordt vaak 5 x 5 m of aangehouden en voor bossen tenminste 10 x 10 m.



Graadmeter is of een representatief deel van de karakteristieke soortencombinatie van het betreffende vegetatietype voorkomt.

- Zorg in geval van uitbreiding van het begrazingsgebied voor een goede nulmeting voorafgaand aan het instellen van het begrazingsbeheer. Stem het aantal PQ's af op de terreinheterogeniteit (in het bijzonder het voorkomen van verschillende habitat(sub)typen) en de aanwezigheid van milieu- en graasgradiënten.
- Neem de PQ's bij voorkeur eens de 3 jaar op.
- Het karteren van indicatorsoorten vormt een prima aanvulling op het gebruik van permanente kwadraten. Selecteer daarvoor soorten waarvan kan worden verwacht dat ze reageren op begrazing (zie tabel 2-8). Dit kunnen deels soorten zijn die ook in het kader van SNL-monitoring worden gekarteerd. Het kan ook gaan om negatieve indicatorsoorten waarvoor het wenselijk is dat deze in voorkomen en bedekking afnemen onder invloed van begrazing zoals duinriet, zandzegge, Amerikaanse vogelkers of ruwe berk.
- Uitbreiding van stuifplekken onder invloed van begrazing kan in de tijd worden gemonitord met remote sensing gebruikmakend van luchtfoto's ([www.beeldmateriaal.nl](http://www.beeldmateriaal.nl); provincies hebben hier toegang toe) of van (open access) hoge resolutie satellietbeelden ([www.spaceoffice.nl/nl/satellietdataportaal](http://www.spaceoffice.nl/nl/satellietdataportaal))
- Structuurveranderingen in de vorm van opgaand struweel of opslag van boomsoorten kunnen ook prima met remote sensing in de tijd worden gevolgd door gebruik te maken van het AHN-bestand. Dit bestand wordt eens in de zes jaar geactualiseerd (voor de Waddeneilanden is 2014 het meest recente bestand).
- In geval begrazing moet leiden tot verschraling van de vegetatie, dan kan de productiviteit worden gemonitord aan de hand van de NDVI, zoals de groenmonitor ([www.groenmonitor.nl](http://www.groenmonitor.nl)).
- Dikte van de strooisellaag (mate van vervilting) kan ook een belangrijke indicator zijn om mee te nemen bij het effect van begrazing als herstelmaatregel. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan in de PQ's die worden opgenomen. Dikte van de strooisellaag kan worden bepaald met een zogenaamde humushapper.
- Bij duinbegroeiingen die onder invloed staan van het grondwater is het zinvol om peilbuizen te gebruiken om fluctuaties in grondwaterniveau mee te kunnen nemen in de duiding van vegetatieveranderingen.
- Tot slot: het wordt aanbevolen om jaarlijks op een aantal plekken vanuit een vaste kijkrichting panoramafoto's te maken. Tijdreeksen van dit soort foto's zijn heel illustratief om vegetatieontwikkelingen in een terrein weer te geven en vast te leggen.



## 7 Conclusies

### 7.1 Graasgradiënten bij extensieve en intensievere begrazing

Het BACI-onderzoek in de Vallei van het Veen op Vlieland is in 1993 opgezet om de effecten van begrazing voor een lange periode op een gestandaardiseerde manier te kunnen analyseren. Doordat tussen 1993 en 2018 de veebezetting – en daarmee de graasdruk – varieerde, is er een uitspraak te doen over zowel de effecten van langdurige zeer extensieve tot extensieve begrazing (17 jaar) als van de daarop volgende verhoging van de graasdruk (5 jaar) in kalkarme duinen.

#### 7.1.1 Ontstaan van graasgradiënten

De belangrijkste vraag in dit onderzoek was of de begrazing heeft geleid tot gradiënten in graasdruk, waardoor er een grotere biodiversiteit aan karakteristieke planten en dieren kan voorkomen in het gebied in vergelijking met onbegraste duinen. Graasgradiënten ontstonden in de Vallei van het Veen bij een zeer lage tot lage veebezetting (0,04-0,11 GVE/ha/jaar). Dit bleek zowel uit de verdeling van het aantal uitwerpselen, loop- en graassporen van runderen en schapen, als uit de metingen aan de vegetatiestructuur. Ondanks de lage veebezetting was er in 2000 en in 2010 echter geen enkele plot – buiten de exclusies – die niet door vee werd bezocht. Zelfs bij de laagste veebezetting in 2000 bleek dat in zo goed als alle open plots de vegetatiehoogte door begrazing werd afgeremd, in tegenstelling tot de niet begraste plots (Van Wingerden *et al.* 2001). De toename van de veebezetting in 2002 leidde tot het terugdringen van de vegetatiehoogte, zonder dat sprake was van een afname van de variatie in vegetatiestructuur. De sterke toename van de veebezetting na 2012 leidde tot een significant lagere vegetatiestructuur waarin de variatie in de structuur duidelijk is afgenomen. In 2018 zijn in alle open plots sporen en effecten van begrazing duidelijk te zien, de opslag van aanwezige lage bomen en struiken is teruggezet en nieuwe opslag van houtige gewassen vindt niet meer plaats, in tegenstelling tot plots binnen exclusies. In vergraste duinvalleien wordt het microklimaat gemiddeld warmer en gevarieerder als gevolg van begrazing, ondanks het feit dat de vegetatiestructuur homogener is geworden. Dit effect is ook waargenomen in een grootschalig begrazingsonderzoek in de Nederlandse kustduinen (Nijssen *et al.* 2014) en wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat bij een hoge instraling van zonnewarmte de kleinschalige variatie in bodemreliëf en -bedekking met strooisel, humus en vegetatie een belangrijke rol gaat spelen. Wanneer de vegetatielaag meer gesloten is maakt de absolute hoogte van de vegetatie minder uit. In de dichter begroeide intacte duinheide is er dan ook geen verschil in microklimaat tussen begraste en onbegraste plots aanwezig, ondanks het verschil in vegetatiehoogte.

Al vanaf 2001, maar ook in 2010 en 2018 zijn in alle open plots sporen van begrazing te zien. Daarnaast is de vegetatiehoogte in al deze begraste plots lager en veelal eenvormiger dan in onbegraste plots en is ook de opslag van bomen in elke begraste plot zeer sterk teruggedrongen. Dit betekent dat er binnen de gradiënten in graasdruk in het begrazingsgebied geen delen zijn waar de begrazing (nagenoeg) ontbreekt, afgezien van de uitgerasterde plots.

#### 7.1.2 Ecologische effecten van graasgradiënten

Begrazing heeft een duidelijk effect op de samenstelling van de vegetatie en op het daar aan gekoppelde aanbod van bloeiende planten. In de begraste plots is het aantal plantensoorten, zowel vaatplanten als (korst)mossen, na 24 jaar begrazing significant groter dan in de onbegraste plots. De verschillen zijn het grootst in 2010, daarna neemt het verschil weer wat af, waarschijnlijk als gevolg van de oplopende veebezetting. Onder invloed

van begrazing ontwikkelde zich in het stratum vergraste valleien een gradiënt in vegetatietypen, waarbij een deel van de plots zich vanuit duinheide vegetaties ontwikkelde richting duingraslanden en een deel richting vochtige duinvallei. Deze gradiënt wordt waarschijnlijk vooral gestuurd door variatie in reliëf en bodemtype die al in het gebied aanwezig was, maar door verruiging met hoge grassen was verborgen. Het is onduidelijk hoe groot de rol van gradiënten in graasdruk was bij deze ontwikkelingen in de vegetatie, alsook de indirecte rol die begrazing op de vegetatieontwikkeling heeft door de faciliterende werking op konijnenactiviteit. De hogere dichtheid aan kruidachtige planten leidt ook tot een groter en meer divers bloemaanbod in begraasde plots ten opzichte van onbegraasde plots. Dit was vooral het geval in duinheide en plots waar droge duingraslanden ontstonden met o.a. tormentil, mannetjesereprijs en gewoon biggenkruid.

Net als voor de plantensoorten neemt de soortenrijkdom voor spinnen (2018) en loopkevers (2010) toe ten opzichte van 1993. Echter in geen enkel onderzoeksjaar verschilt de soortdiversiteit tussen begraasde en onbegraasde plots significant van elkaar. Bovendien nam de diversiteit aan loopkevers in 2018 weer af ten opzichte van 2010. De mate van overlap in soortsaamenstelling laat zien dat bij loopkevers in de periode 1993-2000-2010 de gemeenschappen van begraasde en onbegraasde plots steeds minder op elkaar leken. Bovendien was de spreiding in saamenstelling binnen begraasde plots groter dan binnen onbegraasde plots. In 2018 zijn deze verschillen weer geheel verdwenen. Bij spinnen lijken de gemeenschappen van begraasde en onbegraasde plots in 1993 en 2001 sterk op elkaar en gaan deze pas in 2018 enigszins van elkaar verschillen. Beide soortgroepen ondervinden wel effecten van begrazing, maar de loopkevergemeenschap reageert eerder en sterker op de veranderingen in graasdruk en graaspatronen dan de spinnengemeenschap. Soortgroepen die gebonden zijn aan een vochtiger, meer gebufferd microklimaat in de strooisel en humuslaag en (daardoor) minder mobiel zijn, zoals pissebedden en springstaarten laten in aantallen grote verschillen zien tussen begraasde en onbegraasde plots.

Geconcludeerd moet worden dat de aanwezigheid van gradiënten in graasdruk in de periode 1993-2018, in combinatie met de aanwezige gradiënten in het landschap (o.a. reliëf, bodemontwikkeling) tot een gevarieerd kalkarm duinlandschap heeft geleid, waarin ook de soortenrijkdom van planten en dieren kon toenemen. Na de verhoging van de veebezetting in 2012 ging dit effect op biodiversiteit (deels) verloren voor planten en loopkevers, maar lijkt de spinnengemeenschap juist te profiteren. Het aantal plekken die in 2018 niet of nauwelijks door begrazing worden beïnvloed, is zeer klein. Hierbij moet worden opgemerkt dat ook de bodemcompactie in de begraasde plots in 2018 groter is dan in de onbegraasde plots, waardoor er in de toekomst ook meer veranderingen in vochtgehalte van de bodem en vegetatiegroei worden verwacht. Bij het opnieuw bepalen van de optimale veebezetting moet er rekening worden gehouden met het aanwezig blijven van niet of nauwelijks begraasde plekken om ook voor begrazingsgevoelige soorten geschikt leefgebied te behouden.

## **7.2 Behalen van beheerdoelen in de Vallei van het Veen**

Een deel van de onderzoeksvragen is gerelateerd aan de doelstellingen die werden geformuleerd bij het instellen van begrazing in de vallei van het Veen (Van Wingerden et al. 1993). Net als na de effectmetingen in 2000/2001 en in 2010 (Van Wingerden et al. 2001 & 2002, Nijssen & Smits 2010) kan worden vastgesteld in hoeverre deze doelen zijn behaald.

### Doel 1: Tegengaan verbossing en verstruweling

De begrazing heeft een groot deel van de aanwezige opslag van lage struiken en bomen doen verdwijnen. Waar in 2000/2001 en in mindere mate ook in 2010 nog lokaal sprake was van sterke uitbreiding van jonge opslag als gevolg van de betere kiem- en lichtomstandigheden in de deels opengewerkte grazige vegetatie, wordt er in 2018 in de

open gebieden vrijwel geen nieuwe opslag aangetroffen. Binnen de exclusies is er wel een verdere groei (hoogte en bedekking) en jonge opslagaanwezig. Door de verhoging van de veebezetting ten opzichte van 1993-2001 is de voorspelde ontwikkeling van een vrij open struweel niet opgetreden, maar is er een ontwikkeling naar een zeer open duinlandschap ingezet. Wanneer de veebezetting weer wordt verlaagd naar het niveau van de periode 2001-2012 wordt verwacht dat er een lichte, zeer geleidelijke uitbreiding van struweel zal plaatsvinden.

#### Doel 2: Openbreken grazige vegetatie

De vegetatiehoogte van de kruidlaag is overal waar de grazers bij kunnen komen verlaagd en de structuur is als gevolg van begrazing veel opener geworden. Mede hierdoor hebben de plots die in 1993 onder het stratum 'vergraste vallei' werden geschaard, zich ontwikkeld naar duinheide op vochtige plekken en naar duingraslanden op wat drogere plekken. Het doel om de grazige vegetatie open te breken is daarmee gehaald. Echter, de veebezetting is na 2012 zo sterk gestegen dat er geen onbegraste en zeer licht begraste terreindelen met iets ruigere grazige vegetatie aanwezig zijn.

#### Doel 3: Faciliteren van konijnen

De konijnenstand was in 1993 vrij laag, maar is in de jaren daarna nog verder achteruit gegaan. In 2018 was er een toename in het aantal plots waar konijnen actief waren, met name in begraste plots. Begrazing met vee faciliteert de konijnen in de Vallei van het Veen, maar de dichtheden zijn nog laag. De negatieve effecten van ziektes RHD en myxomatose worden door begrazing niet gemitigeerd.

#### Neveneffecten op kraaiheide

In 1993 bestond de vrees dat begrazing met zware runderen schade aan kraaiheide vegetaties zou veroorzaken. Gedurende de gehele onderzoeksperiode 1993-2018 zijn hiervoor echter geen aanwijzingen gevonden; kraaiheide is zowel in begraste als onbegraste plots licht afgenomen. Wel is in vergraste duinvalleien die zich onder invloed van begrazing hebben ontwikkeld richting vochtige valleien of droge duingraslanden de kraaiheide sterker afgenomen dan in onbegraste plots in vergraste valleien. Plots waar in 1993 al goed ontwikkelde kraaiheidevegetaties aanwezig waren, zijn wel door runderen en schapen bezocht (faeces en loopsporen aanwezig) maar dit leidde niet tot een geringere bedekking van kraaiheide.

#### Neveneffecten op / stimuleren van fauna

Bij aanvang van het onderzoek in 1993 werd verwacht dat begrazing een negatief effect zou kunnen hebben op de abundantie en diversiteit van ongewervelde fauna en zandhagedissen. Nadat in 2000/2001 al was gebleken dat deze negatieve effecten niet optraden en er zelfs een licht positief effect op de ongewervelde fauna aanwezig leek, werd de doelstelling aangepast naar een verdere toename van diversiteit en abundantie van ongewervelde fauna. Uit het huidige onderzoek blijkt dat de ongewervelde fauna met name door jaareffecten (wrs. vooral weersomstandigheden) worden bepaald en in mindere mate door begrazing. Tot 2010 trad er een toename op van de diversiteit bij loopkevers, in de periode daarna nam deze weer af maar nam de diversiteit van spinnen in begraste plots toe. Deze effecten kunnen deels verklaard worden door de toename in veebezetting, waarschijnlijk in combinatie met een zeer warme droge zomer. Hierbij moet worden opgemerkt dat er wel karakteristieke duinsoorten zijn aangetroffen, maar dat zowel de spinnen- als loopkevergemeenschap vrij soortenarm zijn.

De zandhagedis is tijdens alle onderzoeksjaren in zeer lage dichtheden aangetroffen en er zijn geen aanwijzingen dat begrazing negatieve of positieve effecten heeft op de soort. De doelstelling om karakteristieke duinfauna in aantal en diversiteit te stimuleren door begrazing is deels gehaald, met de aantekening dat de soortdiversiteit het hoogste was rond 2010.

## 7.3 Evaluatie en voortzetting van de BACI-proef

De BACI-opzet in de Vallei van het Veen is een van de weinige voorbeelden in Nederland – en zelfs internationaal – van een gestandaardiseerd opgezet onderzoek voor het evalueren van de effecten van begrazing los van andere factoren. Bovendien loopt het onderzoek al ruim 25 jaar; deze tijdreeksen zijn in onderzoeken zeer belangrijk. Het kan daarom niet voldoende benadrukt worden dat het begrazingsonderzoek op Vlieland een zeer waardevol project is wat voortzetting verdient. In de periode 2017-2018 zijn daarom alle exclusures waar nodig hersteld, verstevigd en voorzien van gaas in plaats van draden, zodat ook de jonge Soay schapen geen toegang hebben tot de exclusures. Konijnen kunnen nog wel vrij de exclusures in en uit lopen. Hoewel we voor het monitoren van effecten van begrazing voor beleid hebben vastgesteld dat de nadelen van exclusures veelal niet opwegen tegen de voordelen (§ 6.6), gelden exclusures voor onderzoek naar de werking van begrazing nog altijd als zeer waardevol!

In de loop van 25 jaar zijn er wijzigingen geweest die de kracht van de oorspronkelijke onderzoeksopzet hebben aangetast. Het belangrijkste is het verlies van 4 onbegrasde plots in de cranberry vallei door chopperwerkzaamheden en het verlies van de begrasde plot 17 door het plaatsen van een veekraal. Om ook in de toekomst voldoende statistische kracht over te houden mag er zich geen verder verlies aan plots voordoen.

Geadviseerd wordt om de plots die verloren zijn gegaan alsnog te vervangen door nieuwe plots op aangrenzende locaties die niet door intensieve beheermaatregelen als chopperen, plaggen of maaien zijn beïnvloed. Uiteraard moet bij het instellen van de plots direct de nulsituatie worden vastgelegd voor vegetatie en fauna. Ook wordt aanbevolen om de uitlopers van de veekraal die nu direct naast plots 14 en 15 ligt richting zuiden te verschuiven, zodat de kans op beïnvloeding van de plots door vangactiviteit rondom de veekraal geminimaliseerd wordt.

In de huidige proefopzet zijn duinheiden, maar geen duingraslanden opgenomen. Omdat juist in duingraslanden ook grote effecten van begrazing worden verwacht, wordt het sterk aangeraden om de proefopzet uit te breiden met begrasde en onbegrasde plots in duingraslanden. Een logisch moment om verdwenen plots te vervangen en uit te breiden naar duingraslanden is wanneer er wordt besloten tot uitbreiding van het begrazingsgebied naar het oosten, waardoor ook de cranberry-vallei in het begrazingsgebied komt te liggen. Op dat moment vindt er per definitie een verandering in begrazingsregime plaats en zullen ook graaspatronen in het gebied veranderen. Omdat in het uitbreidingsgebied geen begrazing heeft plaatsgevonden, biedt dit een uitgelezen kans om het aantal onbegrasde plots uit te breiden door het plaatsen van enkele exclusures of door het uitrasteren van een groter terreindeel waar meerdere plots in komen te liggen. Bij het instellen van de nieuwe plots en PQ's moeten deze zeer goed ingemeten en gemarkeerd worden, zodat ze bij vervolgonderzoek makkelijk vindbaar zijn.

In 1993 zijn de plots random verdeeld binnen de strata 'vochtige vergraste vallei' en 'intacte vochtige duinheide'. Na 25 jaar begrazing is er binnen deze strata een ontwikkeling geweest naar verschillende vegetatietypen (zie de in hoofdstuk 3 beschreven typologie van duinheiden en vertaling naar Natura-2000 habitattypen), waarbij blijkt dat veel plots meer tot het type droge duinheide met kraaiheide behoren dan tot de echt vochtige valleien en vochtige heiden. Bij een uitbreiding van de proefopzet is het verstandig om uit te gaan van deze vegetatietypen (uitgebreid met kalkarme duingraslanden), gebaseerd op de meest recente vegetatiekarteringen van het gebied.

In Nijssen & Smits 2010 is een eenvoudige analyse gemaakt van de trends van broedvogels in de Vallei van het Veen, en in Nijssen et al. (2014) zijn de langjarige meetreeksen meegenomen in een analyse van effecten van begrazing op broedvogels voor de gehele Nederlandse kust. Het verdient aanbeveling om de broedvogelontwikkelingen in Vallei van het Veen nogmaals te evalueren tot en met 2020, waarbij niet zozeer de BACI-opzet met exclusures, maar verschillende perioden waarin de begrazingsdruk sterk varieerde geanalyseerd kunnen worden.

## 7.4 Vertaling naar beheer van Vallei van het Veen

Begrazing met Schotse hooglanders en soayschappen heeft vanaf 1993 in grote mate de ontwikkeling van de vegetatie gestuurd, en daarmee van het gehele landschap. Zoals duidelijk blijkt uit de vegetatieontwikkeling in de exclusures, zou de Vallei van het Veen zonder begrazing een sterke verbossing hebben ondergaan met een grotendeels halfopen tot gesloten landschap tot gevolg. Het gebied omvat dankzij de begrazing nu karakteristieke open, niet-vergraste duinheide- en duingraslandvegetaties.

In 2000 werd geconstateerd dat de doelstellingen deels werden gehaald en de neveneffecten gering waren en als neutraal tot licht positief beoordeeld konden worden. Uit de huidige studie blijkt dat met de verhoging van de veebezetting tussen 2001-2012 de doelstellingen nog beter werden behaald, maar na de sterke uitbreiding van Soay schapen zijn neveneffecten op vegetatie en een deel van de fauna toegenomen. Hierbij zijn de effecten van de hogere veebezetting en van de zeer droge zomer alleen van elkaar te onderscheiden voor planten en weinig mobiele diersoorten als pissebedden en springstaarten; voor mobielere diersoorten als spinnen en loopkevers zijn er binnen de jaren geen verschillen tussen begraasde en onbegraasde plots gevonden. Het is echter zeer aannemelijk dat de sterke begrazing het landschap als leefgebied voor deze soorten gevoeliger heeft gemaakt voor droogte en warmte. De onbegraasde plots binnen de exclusures vormen daarbij slechts een zeer klein oppervlak ( $< 0,1\%$ ) van het gebied. Het advies is om de graasdruk tenminste terug te brengen naar het niveau tussen 2001-2012, met  $\pm 20$  runderen en  $\pm 80$  Soay schapen of een equivalent daarvan met andere veerassen. Om grotere delen van het terrein niet tot zeer extensief begraasd te laten worden zou de veebezetting nog lager moeten zijn. Ook wanneer de stikstofdepositie significant verder terug wordt gedrongen en/of de konijnenpopulaties herstellen kan de veebezetting verder worden terug gebracht.

Hoewel er vanuit dit onderzoek geen onderbouwing is over de samenstelling van de kudde, lijkt uit eerder onderzoek dat de combinatie van meerdere soorten grazers veelal positief werkt in kustduinen (Nijssen et al. 2014). Geadviseerd wordt om met runderen en schapen te blijven grazen. De runderen zijn oud en kunnen zich niet voortplanten, en zullen dus in de komende jaren vervangen en aangevuld moeten worden. De Schotse hooglanders hebben zich bewezen als effectieve grazers in de kalkarme duinen van Vlieland. Ecologisch is er dan ook geen reden om op een ander ras over te stappen. Mocht er om andere redenen wel voor een ander runderras worden gekozen, dan zal de veebezetting opnieuw moeten worden berekend op basis van de lichaamsgewichten van hooglanders en het vervangende ras. De Soay schapen leefden ooit in een niet fokkende kudde, maar terug gaan naar die situatie zal een zeer grote investering met zich meebrengen. Het jaarlijks monitoren van de populatie en wegvangen van een deel van de kudde in de bestaande veekralen is een effectieve manier om de kudde op de gewenste grootte te houden. Bovendien biedt dit de kans om tussen jaren de veebezetting te sturen wanneer dit nodig is, bijvoorbeeld na zeer natte of juist zeer droge jaren, of bij een (tijdelijke) opleving van konijnenpopulaties.

Er zijn al geruime tijd plannen om het begrazingsgebied uit te breiden naar andere delen van het duingebied, zoals de Cranberryvallei en het naastgelegen Kikkerduin. Zeker wanneer er wordt gewerkt met extensieve begrazing (conform de Vallei van het veen 2001-2012) wordt verwacht dat hier een positief effect kan optreden. Aangetekend moet worden dat er ook een aantal diersoorten is dat ook van extensieve begrazing negatieve effecten ondervindt. Het betreft met name grondbroeders met een lange nestperiode, zoals Velduil, Blauwe en Bruine kiekendieven en Lepelaars. Om ook deze soorten een kans te geven, moet een deel van het totale duingebied van Vlieland onbegraasd blijven. Daarnaast moet bij een eventuele uitbreiding van het begrazingsgebied de nog bestaande onbegraasde onderzoeksplot in de Cranberry vallei gespaard blijven en ruim worden uitgerasterd.

Voor een vertaling naar andere duingebieden is het belangrijk hoe de effecten van begrazing op gradiënten en ecologische variatie zich verhouden ten opzichte van duinterreinen waar niet of op een andere manier wordt begraasd. De vergelijking met niet begraasde duinterreinen is onderdeel van de BACI-opzet: hieruit blijkt dat de niet begraasde delen eenvormiger zijn in structuur en de valleien een soortenarmere vegetatie kennen. Voor de drogere duinheide zijn de verschillen in vegetatiestructuur en samenstelling kleiner tot afwezig.

De vergelijking met duinterreinen waar op een andere manier wordt begraasd zijn lastiger, omdat vrijwel nergens zo gedetailleerd en consequent aan vegetatiestructuur en diergroepen is gemeten. Een belangrijke referentie vormt het OBN-onderzoek van Nijssen *et al.* (2014) waarin een groot aantal duinterreinen, waaronder de Vallei van het Veen voorafgaand aan de verhoging van de graasdruk, met elkaar worden vergeleken. Zowel in het Waddendistrict als in het Renodunaal district leidt begrazing tot een afname van verruiging en strooisel en draagt dus bij aan de instandhouding van grijze duinen (H2130\*) en duinheiden met kraaiheide en struikheide (H2140\* en H2150\*). De effecten op karakteristieke diergemeenschappen van kustduinen is over het algemeen ook positief, maar verschilt tussen de onderzochte diergroepen en is afhankelijk van de vorm van begrazing. Met name dichtheden van herbivore en detrivore diergroepen zijn lager in begraasde dan in onbegraasde duingraslanden, en bij vlindersoorten die afhankelijk zijn van kruidachtigen of voedselrijke grassen is al snel sprake van een omslag van facilitatie (bij lage graasdruk) naar negatieve effecten (bij hogere graasdruk). Broedvogels van open duinen lijken juist weer te profiteren van een hogere graasdruk, behalve wanneer ze erg lange nestperiodes kennen en de kans op verstoring in de nestfase groot is, zoals bij de Blauwe Kiekendief. Deze resultaten zijn in lijn met de bevindingen van Van Klink *et al.* (2014) die op basis van een literatuuronderzoek vaststellen dat diergemeenschappen veel gevoeliger zijn voor de effecten van begrazing dan plantgemeenschappen, vooral omdat bij een toename van de graasdruk sterfte door verstoring, toevallige predatie en concurrentie om voedselplanten gaan optreden. Nijssen *et al.* (2014) benadrukken bij de vertaling naar de praktijk dat variatie in graasdruk belangrijk is om verruiging tegen te gaan, maar ook plekken in het landschap te behouden voor dieren die gevoelig zijn voor begrazing. Het instellen van integrale extensieve begrazing – zoals in de Vallei van het Veen – leidt naar verwachting in kalkrijke duinen van het Renodunaal district sneller tot positieve resultaten dan in het Waddengebied, omdat in de kalkarme duinen de kans op verruiging met hoge grassen groter is.



## 8 Literatuur

- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X J. McIvor J. Milne C. Morris A. Peeters & Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and forage science*, 66(1), 2-28.
- Eurostat 2020. [ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Livestock\\_unit\\_\(LSU\)](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Livestock_unit_(LSU)). Datum 17-05-2020
- Hantson, W., Kooistra, L., & Slim, P. A. (2010). Alien and invasive woody species in the dunes of the Wadden Sea Island of Vlieland: A remote sensing approach (No. 2101). Alterra.
- Hantson, W., L. Kooistra & P.A. Slim (2012). Mapping Invasive Woody Species in Coastal Dunes in The Netherlands: a Remote Sensing Approach Using LIDAR and Aerial Photographs. *Applied Vegetation Science* 15: 536–547.
- Hennekens, S.M. & J.H.J. Schaminee 2001. Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. In: *Journal of Vegetation Science* 12. pp. 589-591.
- Kuiters, A. T., de Vries, D., Krol, J., & Slim, P. A. (2017). Maaien van duingrasland helpt konijnen bij het terugdringen van verruiging op Ameland. *De Levende Natuur*, 118(6), 220-221.
- Meijer, J., 2016. Informatie over begrazingsgebieden op Vlieland. Bijlagerapport bij de evaluatie van de begrazing. Rapport Staatsbosbeheer & provincie Fryslân.
- Meijer, J. 2017. Evaluatie duinbegrazing Vlieland. Staatsbosbeheer & provincie Fryslân.
- Meijer, J., 2018. Uitwerking Natura2000/PAS maatregel begrazing Terschelling. Werkgroep Begrazen, Plaggen en Verstuiven Terschelling
- Meijer, J., 2018. Uitwerking Natura2000/PAS maatregel begrazing plaggen, chopperen en verstuiving Vlieland. Werkgroep Begrazen, Plaggen en Verstuiven Vlieland, Staatsbosbeheer & provincie Fryslân.
- Mücher, S., H. Kramer, R. van der Wijngaart & R. Huiskes (2017). Ontwikkelen van een remote Sensing monitoringssystematiek voor vegetatiestructuur. Pilotstudie: detectie verruiging Grijze duinen (H2130) voor het Natura 2000-gebied Meijndel-Berkheide. Rapport 2838, Wageningen Environmental Research, Wageningen. 46 p.
- Nijssen, M. & N.A.C. Smits (2010). Effectmeting 17 jaar begrazing in de Vallei van het Veen; Effecten op de samenstelling en structuur van de vegetatie. Nijmegen, Stichting Bargerveen. 7 p.
- Nijssen, M. & E. Remke (2017). Monitoring effecten duinbegrazing Vallei van het Veen – Vlieland. Status van plots en exclusies. VBNE, rapport Monitoring OBN-15-DK. 25 p.
- Schaminee, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda (1996). *De Vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden* Opulus Press, Uppsala.
- Schaminee, J. H., Weeda, E. J., & Westhoff, V. (1998). *Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus*. Opulus Press.
- Smits, N.A.C. & D. Bal (eds. 2014). *Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel I: Algemene inleiding herstelstrategieën: beleid, kennis en maatregelen*. Alterra Wageningen UR & Programmadirectie Natura 2000 van het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie.
- Smits, N.A.C., C.A. Mücher, W.A. Ozinga, R.W. de Waal & G.W.W. Wamelink (2016). *Procesindicatoren PAS. Rapportage 2016. Rapport 2771*, Wageningen Environmental Research, Wageningen. 62 p.

- Van Klink, R., van der Plas, F., Van Noordwijk, C. G. E., WallisDeVries, M. F., & Olff, H. (2015). Effects of large herbivores on grassland arthropod diversity. *Biological Reviews*, 90(2), 347-366.
- Van Wingerden, W.K.R.E., A.H.P. Stumpel & J.W.G. van Osch (1993). Vegetatie en fauna van de Vallei van het Veen (Vlieland) voorafgaande aan begrazing. IBN-rapport 042. 45 p.
- Van Wingerden, W.K.R.E., M. Nijssen, P.A. Slim, J. Burgers, G.J.A.M. Jagers op Akkerhuis, A.P. Noordam, G.F.P. Martakis, H. Esselink, W.J. Dimmers & R.J.M. van Kats (2001). Evaluatie van zeven jaar runderbegrazing in duinvalleien op Vlieland. Alterra-rapport 375. Wageningen. 102 p.
- Van Wingerden, W.K.R.E., M. Nijssen, P.A. Slim, J. Burgers, R.J.M. van Kats, H.F. van Dobben, A.P. Noordam, G.F.P. Martakis, H. Esselink & G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis (2002). Grazers in Vlielands duin. Evaluatie van runderbegrazing in duinvalleien op Vlieland; deel 2: onderzoek in 2001. Alterra-rapport 626. Wageningen. 100 p.

# Bijlagen

## BIJLAGE 1. Relatie vegetatietypen-plantenassociaties-habitattypen

Tabel B5. Relatie tussen vegetatietype (TWINSPAN clusters), plantenassociaties en habitatype.

TWINSKAN	# opnamen	Associaties	Habitatype
Groep 1	5	11AA03B 09AA01 09RG01	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)
Groep 2	22	11AA03B 09AA01	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)
Groep 3	3	20AB04 14RG10	Duinheiden met kraaihei (droog)
Groep 4	29	11AA03A 11AA03B 20AB03	Duinheiden met kraaihei (vochtig) Duinheiden met kraaihei (droog)
Groep 5	24	20AB03 20AB01 14RG01 14RG09 41AA03C 41DG01 41DG03	Duinheiden met kraaihei (droog)
Groep 6	89	20AB01 20AB02 20AB03 41AA03C 41AA0D	Duinheiden met kraaihei (droog)
Groep 7	32	20AB01 20AB02 20AB03 20AB04 14AA02A 14AA02B	Duinheiden met kraaihei (droog) Grijze duinen (kalkarm)
Groep 8	6	14RG01	-

De groepen 3, 4, 5 en 6, met ruim tweederde van alle opnamen, kunnen worden gerekend tot het habitatype Duinheiden met kraaihei (H2140). Uitzondering vormen groep 1 en 2 die meer kwalificeren als habitatype Vochtige duinvalleien (H2190) en groep 8 die niet kwalificeert als habitatype maar vooral bestaat uit een overgang naar droog duingrasland met ruigte van zandzegge.

## BIJLAGE 2. Soortenlijst afzonderlijke meetjaren

SOORT	1993_EXC	2000_EXC	2010_EXC	2017_EXC	1993_REF	2000_REF	2010_REF	2017_REF	TRIVIALE NAAM
Carex arenaria	20	19	18	19	23	23	23	19	Zandzegge
Empetrum nigrum	16	16	14	14	19	20	18	18	Kraalhei
Festuca filiformis	12	15	6	5	14	18	19	20	Fijn schapengras
Calamagrostis epigejos	12	13	18	12	21	21	19	18	Duinriet
Salix repens	12	10	9	9	14	14	15	15	Kruipwilg
Erica tetralix	11	10	9	9	10	10	9	8	Gewone dophei
Hypnum jutlandicum	10	12	6	0	19	20	18	0	Heideklauwtjesmos
Dicranum scoparium	10	12	4	4	16	18	14	15	Gewoon gaffeltandmos
Potentilla erecta	8	9	10	6	7	12	17	14	Tormentil
Carex trinervis	8	9	8	6	13	13	12	10	Drienervege zegge
Cladonia portentosaa	5	4	1	1	11	10	4	6	Open rendiermos
Vaccinium macrocarpon	4	5	5	4	4	5	8	8	Grote veenbes
Pleurozium schreberi	4	1	0	0	3	5	2	0	Bronsmos
Cladonia chlorophaea	4	0	0	0	3	0	0	0	Fijn bekermos
Poa pratensis	3	3	1	1	1	3	5	0	Veldbeemdgras
Agrostis species	3	0	0	0	6	0	1	0	Struisgras (G)
Prunus serotina	2	5	5	7	3	4	4	4	Amerikaanse vogelkers
Hypnum cupressiforme + H. a.	2	3	5	1	3	5	13	5	Gewoon klauwtjesmos (G)
Senecio sylvaticus	2	3	3	2	3	3	4	0	Boskruid
Luzula campestris	2	2	2	1	2	3	13	10	Gewone veldbies
Cladonia furcata	2	2	0	1	1	0	1	1	Gevoikt heidestaartje
Campylopus introflexus	1	4	0	0	1	6	3	4	Grijs kronkelsteeltje
Carex nigra	1	3	1	1	0	4	6	4	Zwarze zegge
Carex panicea	1	3	0	0	3	2	2	2	Blauwe zegge
Holcus lanatus	1	2	2	2	4	5	12	6	Gestreepte witbol
Rumex acetosella	1	2	1	2	2	2	4	5	Schapanzuring
Viola canina	1	2	0	0	0	1	1	0	Hondsvooltje
Cerastium fontanum s. vulgare	1	1	2	0	3	4	7	0	Gewone hoornbloem
Lotus corniculatus s.s.	1	1	1	1	1	1	1	1	Gewone rolklaver
Hieracium pilosella	1	1	1	1	0	1	3	2	Muizenoor
Ammophila arenaria	1	1	0	1	2	3	3	5	Helm
Aira praecox	1	1	0	0	2	3	1	4	Vroege haver
Corynephorus canescens	1	1	0	0	0	0	0	0	Buntgras
Hydrocotyle vulgaris	1	0	0	0	2	2	3	0	Gewone waternavel
Stellaria media	1	0	0	0	2	0	1	0	Vogelmuur
Agrostis canina	0	4	3	1	0	6	7	2	Moerstruisgras
Lophoclea heterophylla	0	4	1	0	1	3	0	0	Gedrongen kantmos
Pseudocleropodium purum	0	3	2	8	6	10	8	17	Groot laddermos
Agrostis capillaris	0	3	1	3	0	7	7	10	Gewoon struisgras
Cladonia scabriuscula	0	3	0	0	0	4	2	3	Ruw heidestaartje
Quercus robur	0	2	2	3	0	1	1	2	Zomereik
Hypochaeris radicata	0	2	1	2	0	1	11	10	Gewoon biggenkruid
Veronica officinalis	0	2	1	1	4	7	10	7	Mannetjesereprijs
Dryopteris carthusiana	0	1	2	2	0	1	0	0	Smalle stekelvaren
Rumex acetosa	0	1	2	0	0	0	0	0	Veldzuring
Luzula multiflora	0	1	1	0	0	0	1	0	Veelbloemige veldbies s.l.
Vicia lathyroides	0	1	1	0	0	0	1	0	Lathyruswikke
Cladonia ciliata	0	1	1	0	0	0	0	0	Sterlijk rendiermos
Hieracium umbellatum	0	1	0	2	2	3	3	4	Schermhavikskruid
Cladonia grayi	0	1	0	0	0	3	1	0	Bruin bekermos
Juncus alpinoarticulatus s. atr.	0	1	0	0	0	1	0	0	Duijrus s.s.
Lophoclea bidentata	0	1	0	0	0	1	0	0	Gewoon kantmos
Brachythecium salebrosum	0	1	0	0	0	0	0	0	Glad dikkogmos
Festuca arenaria	0	1	0	0	0	0	0	0	Duinzwengkras
Hylacomium splendens	0	1	0	0	0	0	0	0	Glanzend etagegmos
Brachythecium ratubulum	0	0	2	0	0	0	4	0	Gewoon dikkogmos
Sarbus aucuparia	0	0	1	3	0	0	0	0	Wilde lijsterbes
Orthodontium lineare	0	0	1	0	0	1	0	0	Geelsteeltje
Pohlia nutans	0	0	1	0	0	1	0	0	Gewoon peermos
Carex nigra x trinervis	0	0	1	0	0	0	0	0	Zwarze x Drienervege zegge
Isotrichum myosuroides	0	0	1	0	0	0	0	0	Knikkend palmgjesmos
Juncus species	0	0	1	0	0	0	0	0	Rus (G)
Plagiothecium laetum	0	0	1	0	0	0	0	0	Krom platmos
Lonicera periclymenum	0	0	0	3	0	0	2	3	Wilde kamperfoelie
Cerastium semidecandrum	0	0	0	2	0	1	0	1	Zandhoornbloem
Rumex thyrsoflorus	0	0	0	2	0	0	0	0	Geoorde zuring
Cladonia fimbriata	0	0	0	1	0	2	0	4	Kopjes-bekermos
Agrostis stolonifera	0	0	0	1	0	0	0	1	Fioringras
Carex flacca	0	0	0	1	0	0	0	0	Zegroene zegge
Rubus sec. Rubus	0	0	0	1	0	0	0	0	Zwarze braam
Salix aurita x repens	0	0	0	1	0	0	0	0	Salix aurita x repens
Vaccinium uliginosum	0	0	0	1	0	0	0	0	Rijsbes
Danthonia decumbens	0	0	0	0	3	4	7	5	Tandjesgras
Gallium verum	0	0	0	0	2	2	4	3	Geel walstro
Peltigera membranacea	0	0	0	0	2	1	0	0	Gebobbeld leermos
Phragmites australis	0	0	0	0	1	1	1	1	Riet
Polypodium vulgare	0	0	0	0	1	1	1	1	Gewone eikvaren
Taraxacum species	0	0	0	0	1	0	2	0	Paardenbloem (G)
Hypogymnia physodes	0	0	0	0	1	0	0	0	Gewoon schorsmos
Rubus caesius	0	0	0	0	1	0	0	0	Dauwbraam
Betula pubescens	0	0	0	0	0	1	2	0	Zachte berk
Kindbergia praelonga	0	0	0	0	0	1	2	0	Fijn laddermos
Cephalozia divaricata	0	0	0	0	0	1	1	0	Gewoon draadmos
Bryum tenuisetum	0	0	0	0	0	1	0	0	Oranjeekolnikmos
Dicranella heteromalla	0	0	0	0	0	1	0	0	Gewoon plujsjesmos
Peltigera rufescens	0	0	0	0	0	1	0	0	Klein leermos
Juncus conglomeratus	0	0	0	0	0	0	4	3	Biezenknoppen
Bryum species	0	0	0	0	0	0	3	0	Knikmos (G)
Ceratodon purpureus	0	0	0	0	0	0	2	3	Gewoon purpersteeltje
Jasione montana	0	0	0	0	0	0	1	2	Zandblauwtje
Calluna vulgaris	0	0	0	0	0	0	1	1	Struikhei
Festuca rubra	0	0	0	0	0	0	1	1	Rood zwenkgras s.s.
Arenaria serpyllifolia	0	0	0	0	0	0	1	0	Gewone zandmuur
Betula species	0	0	0	0	0	0	1	0	Berk (G)
Campylopus pyriformis	0	0	0	0	0	0	1	0	Breekblaadje
Carex species	0	0	0	0	0	0	1	0	Zegge (G)
Leontodon saxatilis	0	0	0	0	0	0	1	0	Kleine leeuwentang
Medicago lupulina	0	0	0	0	0	0	1	0	Hopklaver
Pinus sylvestris	0	0	0	0	0	0	1	0	Grove den
Betula pendula	0	0	0	0	0	0	0	3	Ruwe berk
Plantago lanceolata	0	0	0	0	0	0	0	1	Smalle weegbree
Cladonia humilis	0	0	0	0	0	0	0	1	Patatzak-bekermos
Nardus stricta	0	0	0	0	0	0	0	0	Borstelgras
Pinus nigra	0	0	0	0	0	0	0	1	Zwarze den
Polytrichum piliferum	0	0	0	0	0	0	0	1	Ruilg haarmos
Vicia cracca	0	0	0	0	0	0	0	1	Vogelwikke

Tabel B1. Soortenlijst voor de afzonderlijke meetjaren voor exclosures en referenties. Geel: soorten die t.o.v. 1993 zijn verdwenen; Lichtgroen: soorten die t.o.v. 1993 zijn verschenen; Blauw: soorten die alleen in de exclosures zijn verschenen; Donkergroen: soorten die alleen in de begraasde plots zijn verschenen sinds 1993.

## BIJLAGE 3. Aantal soorten per plot (GLM)

Table B2. Accumulated Analyses of Variance ALL SPECIES

Term regressiemodel	df	SS	MS	ratio	F_prob.
+Stratum	1	5,01	5,01	0,38	0,540
+REF_EXC	1	553,03	553,03	41,69	<0,001
+Jaar	3	192,73	64,24	4,84	0,003
+REF_EXC*Stratum	1	3,40	3,40	0,26	0,613
+REF_EXC*Jaar	3	206,67	68,89	5,19	0,002
+Stratum*Jaar	3	142,74	47,58	3,59	0,015
+REF_EXC*Stratum*Jaar	3	7,85	2,62	0,20	0,898
Residual	164	2175,44	13,26		
Totaal	179	3286,86	18,36		

Table B3. Accumulated analysis of variance VASCULAR SPECIES

Term regressiemodel	df	SS	MS	ratio	F_prob.
+Stratum	1	4,43	4,43	0,58	0,448
+REF_EXC	1	182,39	182,39	23,83	<0,001
+Jaar	3	111,66	37,22	4,86	0,003
+REF_EXC* Stratum	1	0,03	0,03	0,00	0,953
+REF_EXC* Jaar	3	96,84	32,28	4,22	0,007
+Stratum*Jaar	3	20,68	6,89	0,90	0,442
+REF_EXC*Stratum*Jaar	3	9,55	3,19	0,42	0,742
Residual	164	1255,15	7,65		
Totaal	179	1680,73	9,39		

Table B4. Accumulated analysis of variance LICHENES/MOSS SPECIES

Term regressiemodel	df	SS	MS	ratio	F_prob.
+Stratum	1	6,77	6,77	1,42	0,235
+REF_EXC	1	97,36	97,36	20,41	<0,001
+Jaar	3	53,91	17,97	3,77	0,012
+REF_EXC* Stratum	1	2,22	2,22	0,47	0,496
+REF_EXC* Jaar	3	15,96	5,32	1,12	0,001
+Stratum*Jaar	3	80,02	26,68	5,59	0,001
+REF_EXC*Stratum*Jaar	3	6,47	2,16	0,45	0,716
Residual	164	782,27	4,77		
Totaal	179	1044,98	5,84		

## BIJLAGE 4. TWINSPAN lokale typen

Tabel B6. Relatie tussen lokale vegetatietypen (TWINSPAN clusters) en plantenassociaties volgens syntaxa van VVN.

	PQ's	09AA/RG	11AA03	14RG01/ 10	20AB01	20AB02	20AB03	20AB04	41AA/DG
Groep 1	5	2	3						
Groep 2	22	1	21						
Groep 3	3			1				2	
Groep 4	29		12				17		
Groep 5	24			3	2		13		6
Groep 6	89				10	5	71		3
Groep 7	32			16	1	6	8	1	
Groep 8	6			6					
Totaal	210	3	36	26	13	11	109	3	9

Tabel B7. Aantal permanente plots per vegetatietype en per stratum in de verschillende meetjaren.

Stratum	Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaal	
Vochtige duinheiden	REF	1993					8			8	
		2000					7	1		8	
		2010				1		6	1		8
		2017				1		7			8
	EXCL	1993				1		7			8
		2000				1		7			8
		2010				3		5			8
		2017				3		5			8
Vergraste duinvalleien	REF	1993		3		1	2	8	1	2	17
		2000		4			1	8	3	1	17
		2010	1	4		1		3	8		17
		2017		3		4		3	7		17
	EXCL	1993		1		2	4	3		1	11
		2000		1		2	4	3		1	11
		2010		1		3	4	2		1	11
		2017		1		2	5	2	1		11

## BIJLAGE 5. Veranderingen in vegetatietypen

Veranderingen in de vegetatiesamenstelling van PQ's vastgesteld aan de hand van het lokale vegetatietype (o.b.v. TWINSPAN clustering).

Tabel B8. PQ's met per opnamejaar de TWINSPAN groep waar de PQ op basis van de soortensamenstelling toe werd gerekend.

REFERENTIES					EXCLOSURES				
	PQ	Groep	Groep	PQ		PQ	Groep	Groep	PQ
1993	01-1	2	2	01-2	1993	06-1	6	4	06-2
2000	01-1	2	2	01-2	2000	06-1	6	4	06-2
2010	01-1	2	2	01-2	2010	06-1	4	4	06-2
2017	01-1	2	2	01-2	2017	06-1	6	4	06-2
1993	08-1	8	8	08-2	1993	07-1	7	8	07-2
2000	08-1	7	7	08-2	2000	07-1	7	8	07-2
2010	08-1	7	7	08-2	2010	07-1	7	8	07-2
2017	08-1	7	7	08-2	2017	07-1	7	7	07-2
1993	09-1	6	6	09-2	1993	12-1	4	6	12-2
2000	09-1	6	6	09-2	2000	12-1	4	6	12-2
2010	09-1	7	6	09-2	2010	12-1	4	6	12-2
2017	09-1	6	6	09-2	2017	12-1	4	6	12-2
1993	10-1	6	7	10-2	1993	13-1	5	5	13-2
2000	10-1	6	7	10-2	2000	13-1	5	5	13-2
2010	10-1	6	7	10-2	2010	13-1	5	5	13-2
2017	10-1	4	7	10-2	2017	13-1	5	5	13-2
1993	11-1	6	6	11-2	1993	16-1	5	5	16-2
2000	11-1	6	6	11-2	2000	16-1	5	5	16-2
2010	11-1	6	7	11-2	2010	16-1	5	5	16-2
2017	11-1	7	6	11-2	2017	16-1	5	5	16-2
1993	15-1	5	7	15-2	1993	18-1	4	2	18-2
2000	15-1	5	5	15-2	2000	18-1	4	2	18-2
2010	15-1	7	8	15-2	2010	18-1	4	2	18-2
2017	15-1	7	7	15-2	2017	18-1	4	2	18-2
1993	19-1	6	6	19-2	1993	22-1	6	6	22-2
2000	19-1	6	6	19-2	2000	22-1	6	6	22-2
2010	19-1	4	1	19-2	2010	22-1	6	6	22-2
2017	19-1	4	4	19-2	2017	22-1	6	6	22-2
1993	20-1	4	2	20-2	1993	25-1	6	6	25-2
2000	20-1	2	2	20-2	2000	25-1	6	7	25-2
2010	20-1	2	2	20-2	2010	25-1	4	6	25-2
2017	20-1	2	4	20-2	2017	25-1	4	6	25-2
1993	21-1	6	6	21-2	1993	27-1	6	6	27-2
2000	21-1	6	6	21-2	2000	27-1	6	6	27-2
2010	21-1	6	6	21-2	2010	27-1	6	4	27-2
2017	21-1	6	6	21-2	2017	27-1	6	4	27-2
1993	23-1	6	6	23-2	1993	28-1	6	6	28-2
2000	23-1	6	7	23-2	2000	28-1	6	6	28-2
2010	23-1	6	7	23-2	2010	28-1	6	6	28-2
2017	23-1	6	6	23-2	2017	28-1	6	5	28-2
1993	24-1	6	6	24-2					
2000	24-1	6	6	24-2					
2010	24-1	6	4	24-2					
2017	24-1	6	4	24-2					
1993	26-1	6	6	26-2					
2000	26-1	6	6	26-2					
2010	26-1	6	6	26-2					
2017	26-1	6	6	26-2					

Tabel B9. PQ's met per opnamejaar de plantenassociatie waar de PQ op basis van de soortensamenstelling toe werd gerekend.

REFERENTIES					EXCLOSURES				
	PQ	Groep	Groep	PQ		PQ	Groep	Groep	PQ
1993	01-1	11AA03B	11AA03B	01-2	1993	06-1	20AB03	11AA03B	06-2
2000	01-1	11AA03B	11AA03B	01-2	2000	06-1	20AB03	20AB03	06-2
2010	01-1	11AA03B	11AA03B	01-2	2010	06-1	20AB03	11AA03B	06-2
2017	01-1	11AA03B	11AA03B	01-2	2017	06-1	20AB03	20AB03	06-2
1993	08-1	14RG01	14RG01	08-2	1993	07-1	14RG03	14RG01	07-2
2000	08-1	14RG01	14RG01	08-2	2000	07-1	14RG01	14RG01	07-2
2010	08-1	14BB02A	20AB02	08-2	2010	07-1	14RG01	14RG01	07-2
2017	08-1	14BB02A	14BB02A	08-2	2017	07-1	14RG01	14RG01	07-2
1993	09-1	20AB01	20AB03	09-2	1993	12-1	11AA03B	20AB03	12-2
2000	09-1	20AB02	20AB03	09-2	2000	12-1	20AB03	20AB03	12-2
2010	09-1	20AB02	20AB03	09-2	2010	12-1	20AB03	20AB03	12-2
2017	09-1	20AB02	20AB02	09-2	2017	12-1	20AB03	20AB03	12-2
1993	10-1	20AB03	20AB02	10-2	1993	13-1	41AA03C	41AA03C	13-2
2000	10-1	20AB03	14RG03	10-2	2000	13-1	41AA03C	20AB01	13-2
2010	10-1	20AB03	20AB01	10-2	2010	13-1	41DG03	20AB03	13-2
2017	10-1	20AB03	20AB02	10-2	2017	13-1	14RG09	20AB03	13-2
1993	11-1	20AB01	20AB03	11-2	1993	16-1	14RG01	20AB03	16-2
2000	11-1	20AB03	20AB03	11-2	2000	16-1	14RG01	20AB03	16-2
2010	11-1	20AB03	20AB03	11-2	2010	16-1	41DG01	20AB03	16-2
2017	11-1	20AB03	20AB03	11-2	2017	16-1	41DG01	20AB03	16-2
1993	15-1	20AB01	20AB03	15-2	1993	18-1	20AB03	11AA03B	18-2
2000	15-1	20AB03	14RG01	15-2	2000	18-1	20AB03	11AA03B	18-2
2010	15-1	20AB03	14BB02A	15-2	2010	18-1	11AA03B	11AA03B	18-2
2017	15-1	14BB02A	20AB02	15-2	2017	18-1	11AA03B	11AA03B	18-2
1993	19-1	20AB03	20AB03	19-2	1993	22-1	20AB03	20AB03	22-2
2000	19-1	20AB03	20AB03	19-2	2000	22-1	20AB03	20AB03	22-2
2010	19-1	20AB03	11AA03B	19-2	2010	22-1	20AB03	20AB03	22-2
2017	19-1	11AA03B	20AB03	19-2	2017	22-1	20AB03	20AB03	22-2
1993	20-1	11AA03B	11AA03B	20-2	1993	25-1	20AB03	20AB01	25-2
2000	20-1	11AA03B	11AA03B	20-2	2000	25-1	20AB03	20AB02	25-2
2010	20-1	11AA03B	11AA03B	20-2	2010	25-1	20AB03	20AB01	25-2
2017	20-1	11AA03B	11AA03B	20-2	2017	25-1	20AB03	20AB02	25-2
1993	21-1	20AB03	20AB03	21-2	1993	27-1	20AB03	20AB03	27-2
2000	21-1	20AB03	20AB03	21-2	2000	27-1	20AB03	20AB03	27-2
2010	08-2	20AB02	20AB03	21-2	2010	27-1	20AB03	20AB03	27-2
2017	21-1	20AB03	20AB03	21-2	2017	27-1	20AB03	20AB03	27-2
1993	23-1	20AB03	20AB03	23-2	1993	28-1	20AB01	20AB01	28-2
2000	23-1	20AB03	20AB03	23-2	2000	28-1	20AB01	20AB03	28-2
2010	23-1	20AB03	20AB03	23-2	2010	28-1	41AA03C	41AA03C	28-2
2017	23-1	20AB03	20AB01	23-2	2017	28-1	20AB03	20AB03	28-2
1993	24-1	20AB01	20AB03	24-2					
2000	24-1	20AB01	20AB03	24-2					
2010	24-1	20AB03	11AA03B	24-2					
2017	24-1	20AB03	11AA03B	24-2					
1993	26-1	20AB03	20AB03	26-2					
2000	26-1	20AB03	20AB03	26-2					
2010	26-1	20AB03	20AB03	26-2					
2017	26-1	41AA03D	20AB03	26-2					



**ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit**

**o+bn**

**Het Kennisnetwerk Ontwikkeling Beheer Natuurkwaliteit:**

- is een onafhankelijk en innovatief platform waarin beheer, beleid en wetenschap op het gebied van natuurherstel en -beheer samenwerken;
- ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit.



**Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12**

**Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE)**

Princenhof Park 7  
3972 NG Driebergen  
0343-745250  
info@vbne.nl

Alle publicaties en  
producten van het  
OBN Kennisnetwerk  
zijn te vinden op  
[www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

**o+bn**



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

