

Evaluatie effecten van ondiep plagen in verruigde duingraslanden in de AWD

Tussenevaluatie 2002-2004



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

Directie Kennis, oktober 2007

© 2008 Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Rapport DK nr. 2008/dk069-O

Ede, 2007

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij de directie Kennis onder vermelding van code 2008/dk069-O en het aantal exemplaren.

Oplage 150 exemplaren

Samenstelling M. van Til (Waternet)

Druk Ministerie van LNV, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij

Productie Directie Kennis
Bedrijfsvoering/Publicatiezaken
Bezoekadres : Horapark, Bennekomseweg 41
Postadres : Postbus 482, 6710 BL Ede
Telefoon : 0318 822500
Fax : 0318 822550
E-mail : DKinfobalie@minlnv.nl

Voorwoord

Uit OBN-onderzoek in de jaren negentig werd duidelijk dat maaien in verruigde duingraslanden geen duurzame maatregel is en bovendien door de terreinomstandigheden vaak moeilijk is uit te voeren. Plaggen heeft wel positieve effecten op de langere termijn, maar er komt veel materiaal vrij dat tegen hoge kosten afgevoerd en gestort moet worden. Waternet onderzocht of ondiep plaggen wellicht een goed alternatief is.

Al jaren proberen duinbeheerders de vergrassing en verruiging van hun duinterreinen tegen te gaan. Zij willen de soortenarme, dichte grasmatten of struikvegetaties weg hebben in ruil voor soortenrijke duingraslanden. Aangezien deze vegetaties behoren tot het prioritairere Natura 2000- habitatype 'grijze duinen', hebben beheerders een bijzondere verantwoordelijkheid voor het behoud en herstel van duingraslanden. In het kader van OBN zijn in de jaren negentig allerlei methoden onderzocht, maar deze hebben allemaal zo hun beperkingen. Maaien geeft op zich een goed resultaat maar het moet dan wel regelmatig gebeuren. Begrazen is vaak effectief, maar zeker in duinen waar ook drinkwater wordt gewonnen is dat niet overal bruikbaar. Extensieve begrazing leidt bovendien vaak tot duingraslanden met een meer gesloten grasmat, wat wel eens ongunstig voor insecten zou kunnen zijn. Chopperen wordt toegepast in duinheide, maar in duingraslanden met een dunne humeuze bovenlaag bleek het apparaat snel vast te lopen.

Blijft over plaggen. Als kleine proefprojecten bleek het een heel effectieve maatregel. Maar in proefprojecten gaat het vaak om kleine, goed toegankelijke stukjes. En dat is nu net het verschil met een wat grootschaliger inzet, waar plaggen op praktische bezwaren stuit. Zo komt er bij conventioneel plaggen veel materiaal vrij dat tegen hoge kosten afgevoerd en gestort moet worden. Daarom is Waternet op zoek gegaan naar andere methoden en is het bedrijf uitgekomen op het ondiep plaggen met een plagmachine. De proef is uitgevoerd met een subsidie uit de EGM-regeling van het ministerie van LNV. Het toenmalige OBN-Deskundigenteam Droge Duinen en Stuifzanden heeft geadviseerd over de proefopzet en de uitvoering van de monitoring.

Na ondiep plaggen op twee proeflocaties met sterk verruigde vegetatie is na drie jaar een ontwikkeling op gang gekomen richting duingrasland. De ruigtesoorten zijn verdwenen en er komen nu beduidend meer typische duingraslandsoorten voor. Daarnaast is een afwisselende vegetatie ontstaan met kale zandplekken. Ondiep plaggen blijkt een goedkope en effectieve maatregel voor de ontwikkeling van soortenrijke duingraslanden.

DE DIRECTEUR DIRECTIE KENNIS
Dr. J.A. Hoekstra

Inhoudsopgave

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Kader	9
1.2 Doelstelling	9
1.3 Leeswijzer	12
2 Materiaal en methoden	13
2.1 Vegetatie	13
2.2 Bodem en biomassa	14
2.3 Fauna	14
2.4 Statistische analyse	16
3 Resultaten	17
3.1 Vegetatie	17
3.2 Bodem en biomassa	22
3.3 Fauna	24
4 Discussie en conclusies	31
4.1 Onderzoeksmethoden	31
4.2 Herstel Rozenwaterveld	32
4.3 Herstel Infiltratiegebied	33
4.4 Verschillen tussen Rozenwaterveld en Infiltratiegebied	34
4.5 Verwachtingen ten aanzien van de komende jaren	35

Literatuur		37
Bijlage 1	Opnameschaal voor permanente kwadraten (Londo, 1975) met omrekening naar procentuele bedekking	39
Bijlage 2	Ecologische soortengroepen voor bepaling van de vegetatieontwikkeling in duingraslanden	40
Bijlage 3	Ecologische soortengroepen voor bepaling van de ontwikkeling van dagvlinders in duingraslanden)	44
Bijlage 4	Ecologische soortengroepen voor de bepaling van de ontwikkeling van loopkevers in duingraslanden	45

Samenvatting

Duingraslanden vormen een belangrijk habitat in de Nederlandse kustduinen en worden in de Europese Habitatrichtlijn beschouwd als prioritair habitattypen. Gedurende de afgelopen decennia hebben zij sterk te lijden van nog steeds toenemende vergrassing, die optreedt ten gevolge van onder andere langdurig vastleggingsbeheer, atmosferische depositie en een afname van het Konijn. In de Amsterdamse Waterleidingduinen is in het najaar van 2002 een beheerexperiment met ondiep plaggen (verwijdering van 5 cm van de bodem) uitgevoerd met subsidie in het kader van de EGM-regeling van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Het experiment is uitgevoerd in met Duinriet verruigde duingraslanden (*Taraxaco-Galietum veri*) op het Rozenwaterveld en in met Zandkweek vergraste duingraslanden (*Phleo-Tortuletum arenariae*) in het Infiltratiegebied. Aangezien het gaat om een proefmaatregel is een uitgebreid monitoringplan opgezet om de effecten op zowel de vegetatie als bijbehorende karakteristieke fauna te onderzoeken. In dit rapport worden de resultaten van de periode 2002 – 2004 toegelicht.

De effecten zijn bestudeerd na ondiep plaggen, in onbeheerde, verruigde duingraslanden (controle) en in goed ontwikkeld duingrasland (doeltype), volgens een blokkenproefopzet. De effecten op bodem en biomassa zijn bestudeerd kort na uitvoering van de maatregel. Permanente kwadraten zijn uitgezet voor vegetatie- en konijnenonderzoek (keuteltellingen). Daarnaast zijn loopkevers, sprinkhanen en dagvlinders geteld in pitfalls, vakken en langs transecten. Voor statistische analyse zijn de data log-getransformeerd en is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van variantie-analyse.

In beide typen duingrasland is voor wat betreft de zuurgraad van de bodem (bovenste 10 cm) en ontkalkingsdiepte geen sprake van significante verschillen tussen de behandelingen. De levende biomassa en dood organisch materiaal waren sterk afgenomen na plaggen en significant lager dan in onbehandelde situatie, wat geresulteerd heeft in het herstel van een gunstig lichtklimaat voor duingraslandsoorten.

De geplagde graslanden van het Rozenwaterveld vertonen een sterke toename van plantensoorten die karakteristiek zijn voor duingrasland, zoals Duinviooltje, Rolklaver en Duinreigersbek, en waardplant zijn voor dagvlinders. Daarnaast was er sprake van een opmerkelijk herstel van de konijnenpopulatie. Sommige rode lijstsoorten onder de dagvlinders (Kleine parelmoervlinder, Bruin blauwtje) zijn teruggekeerd in de geplagde vakken. Verschillende voor duingraslanden karakteristieke sprinkhanen, waaronder de Blauwvleugelsprinkhaan, vertonen significant hogere dichtheden in vergelijking met de verruigde vakken. Er is geen duidelijk effect aangetoond op loopkevers.

In het Infiltratiegebied reageert de vegetatie veel langzamer na ondiep plaggen, mogelijk ten gevolge van een lagere nutriëntenbeschikbaarheid. Het in tegenstelling tot op het Rozenwaterveld volledig verwijderen van de dunne organische toplaag (zaadbank) en de lagere konijndichtheid (zaadverspreiding) kunnen hierbij ook een rol hebben gespeeld. Enkele duingraslandsoorten als Zanddoddegras en Kandelaartje zijn al wel gevonden. Konijnen (zij het in lagere aantallen) en de Blauwvleugelsprinkhaan zijn ook hier toegenomen, maar een significant effect op loopkevers ontbreekt.

De effecten op de wat langere termijn moeten nader worden onderzocht, maar de resultaten illustreren dat snel herstel van vegetatie en kleine fauna mogelijk is na ondiep plaggen van vergraste duingraslanden.

1 Inleiding

1.1 Kader

De laatste decennia is sprake van een sterke achteruitgang van het areaal van droge duingraslanden (Kooijman et al., 2004). Een belangrijke oorzaak hiervoor is de atmosferische depositie, ten gevolge waarvan de successie naar grasruigten en struweel wordt versneld. Ook het langdurig stringente vastleggingsbeheer in de duinen heeft bijgedragen aan de versnelde successie (Van Til et al., 1999). Bovendien is met het afnemen van natuurlijke begrazing door konijnen ten gevolge van het VHS virus ook het onderhoud van de duingraslanden voor een belangrijk deel weggefallen. De vergrassing van duingraslanden manifesteert zich in de Amsterdamse Waterleidingduinen (AWD) door de uitbreiding van Duinriet (*Calamagrostis epigejos*), Zandkweek (*Elytrichia maritima*) en meer recent ook Zandzegge (*Carex arenaria*).

De AWD heeft een zeer gevarieerde vegetatie (Van Til & Mourik, 1999), samenhangend met het feit dat van oost naar west een ouderdomsgradiënt wordt overbrugd van meer dan 1000 jaar. In dit gebied is sprake van een overgang van diep ontkalkte bodems langs de binnenduinrand naar zeer kalkrijke bodems dichtbij zee. Rondom het zeedorp Zandvoort ligt bovendien een vroegere gebruiksgradiënt, die heeft geleid tot verschillen in voedselrijkdom van de bodem. De grote variatie in bodemeigenschappen op korte afstand wordt weerspiegeld in de rijkdom aan duingraslanden. Met een vertegenwoordiging van acht van de twaalf plantengemeenschappen van de Klasse van graslanden op droge zandgrond (Koelerio-Coryneporetea; Schaminée et al., 1996) behoort de AWD tot de rijkste duingebieden van Nederland.

De AWD is als onderdeel van het gebied Kennemerland-Zuid aangewezen als Habitatrichtlijngebied. De instandhoudingsdoelstelling voor de AWD omvat ook het habitat “vastgelegde kustduinen met kruidvegetatie” (grijze duinen; code 2130). Ten aanzien van dit prioritair habitatype dient een adequaat beheer gevoerd te worden. Waternet (voorheen Waterleidingbedrijf Amsterdam) past als beheerder van de AWD in verschillende gebiedsdelen beheersmaatregelen toe om de vergrassing van de duingraslanden terug te dringen (Geelen, 2001). Een groot deel van de zeeduinen wordt begraasd met runderen; de binnenduinen bij De Zilk worden begraasd met heideschape. Verspreid over het gebied wordt in sommige duingraslanden een beheer van twee- of driejaarlijks maaien en afvoeren aangehouden. De effecten van deze beheersmaatregelen worden gemonitord aan de hand van meetreeksen met permanente kwadraten en structuurkarteringen voor vegetatie en bijvoorbeeld transecten voor dagvlinderonderzoek (Hootsmans, 2002).

1.2 Doelstelling

In het kader van het onderzoek naar effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van open droge duinen zijn diverse maatregelen tegen vergrassing van duingraslanden onderzocht, zoals maaien, plaggen, begrazing en verstuiving (Van der Meulen et al., 1996; Kooijman et al., 2005). Eenmalig maaien blijkt geen duurzame

maatregel te zijn en maaibeheer moet herhaaldelijk worden toegepast om vergrassing te bestrijden. Plaggen is effectief, maar is op grote schaal een erg dure en in geaccidenteerd terrein ook een moeilijk uitvoerbare maatregel. Bovendien is nog weinig onderzoek gedaan naar de precieze effecten van plaggen op verschillende diergroepen. Begrazing is ook een goede maatregel, maar is niet overal toepasbaar in verband met bijvoorbeeld de waterwinning. Door beheersmaatregelen als begrazing kunnen gunstige voorwaarden worden geschapen voor konijnen (Arsenault & Owen-Smith, 2002), die een belangrijke rol spelen in het onderhoud van de kortgrazige duingraslanden, en voor insecten als dagvlinders (Wallis de Vries, 2004).

Chopperen is een tussenvorm tussen maaien en plaggen, die in het kader van EGM niet in de duinen is onderzocht, maar wel veel wordt toegepast in het heidebeheer. Het doel van deze beheersvorm is het terugdringen van de vergrassing en herstel van de duingrasland vegetatie en bijbehorende fauna. Belangrijk hierbij is dat de vergrasser wordt verwijderd en de nutriëntenbeschikbaarheid wordt verlaagd. De verwachting is dat chopperen het duurzame karakter van plaggen kan combineren met de uitvoerbaarheid van maaien. In de praktijk komt het er op neer dat maximaal 5 cm van de toplaag van de bodem wordt afgevoerd. Uit veldbezoeken is duidelijk geworden dat daarmee de bewortelde horizont grotendeels wordt verwijderd. Gebleken is echter dat de choppermachine problemen had met de hoge minerale fractie die deel uitmaakt van de af te voeren toplaag. Daarom is uitgeweken naar een plagmachine waarmee ondiep geplagd kan worden tot eenzelfde diepte (figuur 1). Met deze machine is het vooraf beoogde doel min of meer gehaald, zij het dat het verwijderen van een toplaag van twee en een halve centimeter op het Rozenwaterveld niet gerealiseerd kon worden. De werkzaamheden zijn uitgevoerd in verschillende vakken met een geringe aaneengesloten oppervlakte (gemiddeld 0,2 ha) in het najaar van 2002.



Figuur 1: De toplaag van de bodem wordt samen met de verruigde vegetatie op het Rozenwaterveld verwijderd door een plagmachine.



Figuur 2: Ligging van de geplagde locaties op het Rozenwaterveld en in het Infiltratiegebied in de AWD (copyright Topografische Dienst).

Het ondiep plaggen is toegepast in twee typen vergrast duingrasland, in twee deelgebieden in de AWD (figuur 2).

- In het Infiltratiegebied zijn droge duingraslanden verruigd, behorend tot de Duinsterretjes-associatie (*Phleo-Tortuletum ruraliformis*). Zij zijn in de jaren tachtig en negentig sterk vergrast met Zandkweek. Op de hogere delen liggen

hier nog restanten goed ontwikkeld duingrasland, die lokaal sterk begraasd worden door konijnen.

- Op het Rozenwaterveld komen uitgestrekte duingraslanden voor met Duinroosje (*Rosa pimpinellifolia*), die gerekend worden tot de Duinpaardenbloem-associatie (*Taraxaco-Galietum veri*). Zij zijn in dezelfde periode vergrast met vooral Duinriet en in minder mate met kweeksoorten. Duinroosje is in de verruigde begroeiing vaak hoog opgegroeid en zij heeft een hoge bedekking. Ook hier zijn verschillende delen nog begroeid met goed ontwikkeld duingrasland; zij worden intensief begraasd door konijnen.

Voor de uitvoering van het ondiep plaggen is subsidie toegekend in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Het OBN-Deskundigenteam Droge duinen en Stuifzanden heeft een positief advies gegeven voor de uitvoering van deze als proefmaatregel gekwalificeerde beheersvorm. Hieraan is de voorwaarde gesteld om een onderzoeksprogramma uit te voeren om de effecten van deze proefmaatregel te monitoren.

De maatregel is in het najaar van 2002 in de vergraste duingraslanden uiteindelijk op één diepte uitgevoerd, waarbij de vegetatie met 5 cm van de toplaag van de bodem is geplagd. Daarnaast is er een verruigde (niet beheerde, blanco uitgangssituatie) en een referentiesituatie (streefbeeld, ofwel doeltypen).

In beide gebieden is onderzoek gedaan naar de effecten van plaggen op vegetatie, bodem en fauna, waarbij gebruik is gemaakt van de medewerking van verschillende vrijwillige natuuronderzoekers. Met dit onderzoek wordt antwoord gezocht op de onderstaande vragen.

- Leidt ondiep plaggen tot omvorming van verruigde vegetatie naar duingrasland (structuur, soortenrijkdom, ecologische soortengroepen)?
- Worden de randvoorwaarden ten aanzien van de nutriënten- en lichtbeschikbaarheid hersteld na ondiep plaggen (bodem en biomassa)?
- Treedt herstel op van het Konijn, die een sleutelrol speelt in het onderhoud van duingrasland?
- Kunnen kenmerkende, aan duingrasland gebonden insecten(groepen) profiteren van deze beheersmaatregel?
- Wat zijn de verwachtingen ten aanzien van de vervolgperiode?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de toegepaste onderzoeks- en analysemethoden toegelicht. Hoofdstuk 3 behandelt de effecten van plaggen op achtereenvolgens vegetatie, bodem, biomassa en fauna. In hoofdstuk 4 worden de resultaten afgezet tegen de vraagstelling van dit project en wordt ingegaan op de verwachtingen ten aanzien van de komende jaren.

2 Materiaal en methoden

In het voorjaar van 2002 zijn voorbereidingen getroffen voor de beheersuitvoering. In dezelfde periode zijn permanente kwadraten voor vegetatie- en bodem- en konijnenonderzoek uitgezet, evenals transecten voor dagvlindermonitoring.

De maatregel en het daaraan gekoppelde onderzoek is opgezet volgens een zogenaamde blokkenproef (Lepš & Šmilauer, 2003). Dat wil zeggen dat elke behandeling (incl. ruig en referentie) niet op één plaats is uitgevoerd, maar groepsgewijs verspreid over verschillende vakken (zie figuur 3). Hiermee wordt rekening gehouden met de invloed van abiotische variabelen, zoals reliëf. Iedere behandeling wordt in 5-voud uitgevoerd. Op het Rozenwaterveld liggen 20 plots, in het Infiltratiegebied 15 plots. Het feit dat oorspronkelijk op twee dieptes geplagd zou worden verklaart dat de behandeling ondiep plaggen op het Rozenwaterveld in ieder vak in tweevoud is uitgevoerd.

Rozenwaterveld

A	B	C	D
Referentie	Ruig	Plaggen 5 cm	Plaggen 5 cm

Infiltratiegebied

A	B	C
Referentie	Ruig	Plaggen 5 cm

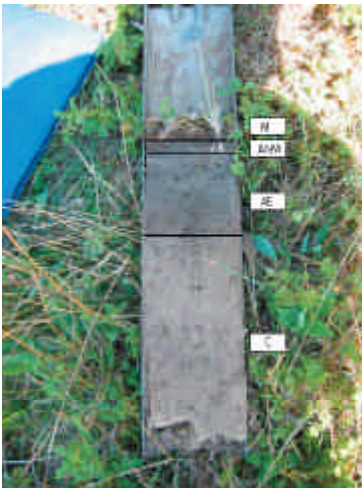
Figuur 3: Onderzoeksopzet op het Rozenwaterveld en het Infiltratiegebied volgens de blokkenproefmethode.

2.1 Vegetatie

Voor monitoring van de vegetatie is in ieder behandelingsvak een permanent kwadraat (pq) van 2,5 * 2,5 meter uitgezet, gemarkeerd en met GPS ingemeten. De vegetatieopnamen zijn gemaakt voor de ingreep (2002) en in de daaropvolgende jaren (zie figuur 4). Opname gebeurt volgens de schaal van Londo (1975) voor permanente kwadraten. Daarbij wordt een schatting van de verschillende vegetatiehorizonten gemaakt en wordt de abundantie/bedekking van de verschillende plantensoorten geschat (soortensamenstelling). De abundantie/bedekking kan worden getransformeerd naar de procentuele bedekking van plantensoorten (zie bijlage 1). De effecten van ondiep plaggen zijn onderzocht voor wat betreft de soortenrijkdom en aantal en bedekking van ecologische soortengroepen, waarbij onderscheid is gemaakt in kenmerkende soorten van duingrasland en (voedselrijke) ruigten cf. Van der Meijden et al. (2000). Aangezien de standaardlijst alleen voorziet in een onderverdeling voor vaatplanten zijn de soortengroepen aangevuld met bladmossen en korstmossen op basis van hun kenmerkendheid in vegetatietypen van duingraslanden en ruigten in de AWD (Van Til & Mourik, 1999). Voor de ecologische soortengroepen wordt verwezen naar bijlage 2.



Figuur 4: Voorbeeld van een permanent kwadraat in (voormalig) ruige vegetatie op het Rozenwaterveld, in het jaar voorafgaand aan plaggen, enkele maanden en in het tweede jaar na plaggen.



Figuur 5: Voorbeeld van een bodemprofiel in duingrasland op het Rozenwaterveld (Giesen & Geurts, 2003).

2.2 Bodem en biomassa

In de zomer na uitvoering van de maatregel is de bovengrondse biomassa bemonsterd, opgesplitst in levende biomassa (vaatplanten vs. (korst)mossen) en dode biomassa (overstaand vs. strooisel) om een indruk te verkrijgen van de productiviteit, nutriënten- en lichtbeschikbaarheid (Giesen & Geurts, 2003). Tegelijkertijd met de bemonstering van de biomassa is ook een beschrijving gemaakt van het humusprofiel volgens Green et al. (1993), waarbij de ontkalkingsdiepte is bepaald met een 0,1 M zoutzuuroplossing (zie figuur 5). Er zijn monsters genomen van de toplaag van de bewortelde zone (0-5 cm), waarvan in een laboratorium de pH-KCl is bepaald. Deze parameters geven een beeld van de beschikbaarheid van fosfaat en de N-mineralisatie.

2.3 Fauna

De effecten van ondiep plaggen zijn onderzocht op de (kleine) fauna, waarbij gekeken is naar konijnen, dagvlinders, loopkevers en sprinkhanen. Verschillende vrijwillige natuuronderzoekers hebben hieraan meegewerkt.

De invloed op het Konijn (*Oryctolagus cuniculus*) is bepaald aan de hand van keuteltellingen in de zomer. Hiertoe worden de pq's leeg geraapt en na 28 dagen wordt het op dat moment aanwezige aantal keutels geteld, wat een maat is voor de konijnendichtheid (Bankert et al., 2003).

Op het Rozenwaterveld is naar het effect van de maatregel op dagvlinders gekeken. Hiervoor is per behandelingsvak een transect van 50 meter uitgezet. De transecten zijn jaarlijks drie keer gelopen in de periodes half mei – begin juni, half juni – half juli en eind juli – eind augustus. De in totaal negen tellingen vallen in verschillende weken en betreffen het aantal soorten en het aantal individuen per soort. De gegevens zijn geanalyseerd voor verschillende soortengroepen, waarbij onderscheid is gemaakt in kenmerkende soorten van duingraslanden en van ruigten en zomen (cf. Wallis de Vries, 2004; Mourik & Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, 2005; zie bijlage 3). Voorbeelden van de eerste groep zijn Kleine vuurvlieder (*Lycaena phlaeas*), Icarusblauwtje (*Polyommatus icarus*) en de Rode lijstsoorten (cf. Van Ommering et al., 1995) Duinparelmoervlieder (*Fabriciana niobe*), Kleine parelmoervlieder (*Issoria lathonia*), Heivlieder (*Hipparchia semele*) en Bruin blauwtje (*Aricia agestis*). De rupsen van deze soorten zijn gebonden aan waardplanten, die regelmatig in de goed ontwikkelde duingraslanden op het Rozenwaterveld worden aangetroffen, zoals Schapenzuring (*Rumex acetosella*), Gewone rolklaver (*Lotus corniculatus* var. *corniculatus*), Zandviooltje (*Viola rupestris*), Duinviooltje (*Viola curtisii*), Zachte ooievaarsbek (*Geranium molle*) en Duinreigersbek (*Erodium cicutarium*). Tot de groep van de ruigtesoorten behoren het Bruine zandooigje (*Maniola jurtina*) en het Zwartsrietdikkopje (*Thymelicus lineola*). De rupsen hebben diverse grassoorten als waardplant, vooral in ruige grasvegetaties (Bink, 1992). De resterende duingraslanden van het Infiltratiegebied bleken te klein te zijn voor dagvlindermonitoring.

De invloed van ondiep plaggen is op het Rozenwaterveld (2003) en in het Infiltratiegebied (2004) ook op loopkevers onderzocht. Hiervoor zijn per behandelingsvak drie potvallen uitgezet (figuur 6), voorzien van conserveervloeistof. De potvallen zijn wekelijks geleegd in de periode maart – november, waarbij aantal soorten en aantal individuen per soort zijn vastgesteld. Voor de analyse van de loopkevervangsten is door Hans Turin en Gert Baeyens, op basis van Turin (2000) en loopkeveronderzoek in de AWD, een onderverdeling gemaakt in pioniersoorten, duingraslandsoorten en algemene soorten. Voorbeelden van deze groepen zijn respectievelijk *Cicindela hybrida*, *Harpalus tardus* en *Calathus fuscipes*. Binnen de eerste twee groepen zijn doelsoorten voor het herstelbeheer aangemerkt, zoals *Amara curta* en *Masoreus wetterhallii* (zie bijlage 4).



Figuur 6: Vangstplek voor loopkevers in duingrasland op het Rozenwaterveld.

Op het Rozenwaterveld zijn sprinkhanen geteld om een beeld te krijgen van het effect van ondiep plaggen op deze insecten. Hiervoor is per behandelingsvak gedurende een vaste tijdsinspanning (10 minuten) het aantal individuen geteld in het eerste en tweede jaar na plaggen. In de periode eind juni – half september zijn maximaal vijf tellingen uitgevoerd. In verband met beperkte telcapaciteit zijn in het Infiltratiegebied jaarlijks eenmalig vergelijkbare tellingen uitgevoerd van de Rode Lijstsoort Blauwvleugelsprinkhaan (*Oedipodus caerulescens*; cf. Odé et al., 1999). Er is geteld aan de hand van zicht- en geluidswaarnemingen, waarvoor gebruik is gemaakt van een bat-detector.

2.4 Statistische analyse

De statistische analyses zijn uitgevoerd met het programma SPSS (Anonymus, 1999). De meeste data zijn log-getransformeerd in verband met mogelijke non-normaliteit en verschillen in variantie tussen behandelingen of jaren.

Aan de hand van een variantie-analyse ($p < 0,05$) is allereerst getoetst of de locatie een significante rol speelt in de verklaring van de gevonden verschillen. Vervolgens is geanalyseerd of de variabele behandeling of jaar significante verschillen vertoont voor alle parameters. Met behulp van een Levene's test is daarbij getoetst of sprake is van een gelijke variantie in de standaardfout voor de verschillende behandelingen of jaren. Indien dit het geval is, zijn met behulp van een Tukey HSD test de onderlinge verschillen via "multiple comparison" getoetst op significantie. Als sprake is van een niet gelijke variantie in de standaardfout, is een Tamhene test gebruikt.

Voor de behandelingen plaggen, ruig (blanco) en referentie (doeltype) is in het geval van tijdreeksen de situatie in verschillende jaren (2002, 2003 en 2004) vergeleken en getoetst op significante veranderingen. Daarnaast is binnen ieder jaar getoetst in hoeverre er sprake is van een significant onderscheid tussen de behandelingen.

3 Resultaten

De resultaten van het onderzoek naar de effecten van plaggen worden achtereenvolgens beschreven voor vegetatie, biomassa en bodem en fauna. De ontwikkelingen worden behandeld voor het Rozenwaterveld, gevolgd door het Infiltratiegebied.

Uit statistische analyse is gebleken dat locatie in vrijwel alle gevallen geen significante rol speelt in de verklaring van verschillen voor wat betreft vegetatie en fauna. Zo er al sprake is van significante verschillen, komt dat volledig voor rekening van de behandeling (ondiep plaggen, niets doen, referentie).

3.1 Vegetatie

Ontwikkelingen zijn geanalyseerd voor de vegetatiestructuur (gem. bedekking van de verschillende horizonten), de soortenrijkdom (gem. aantal soorten) en de gemiddelde som van de bedekking en het gemiddelde aantal soorten voor ecologische soortengroepen van duingrasland en van (voedselrijke) ruigten (cf. Van der Meijden et al., 2000). Voor een lijst van de verschillende soortengroepen van de onderzochte gebieden wordt verwezen naar bijlage 2.

Rozenwaterveld

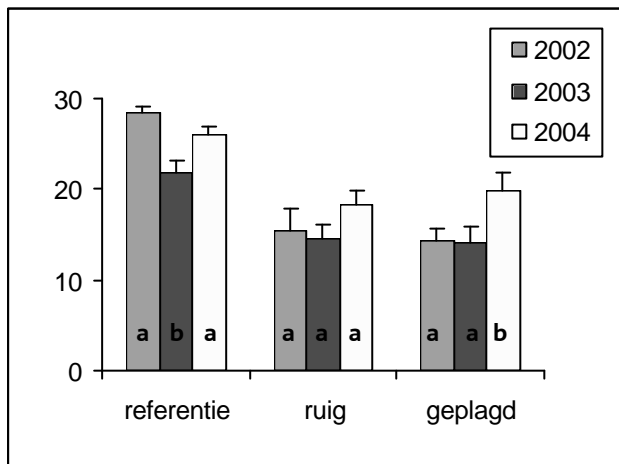
De bedekking van de **vegetatiehorizonten** bij de verschillende behandelingen is voor de uitgangssituatie in jaar 0 (2002), jaar 1 (2003) en jaar 2 (2004) weergegeven in tabel 1. In de onbeheerde, verruigde situatie (blanco) treden geen significante veranderingen op. Na ondiep plaggen is de totale bedekking en de bedekking van struiklaag (Duinroosje), hoge en lage kruidlaag, moslaag en strooisellaag significant afgenomen. De bedekking wordt in de eerst jaren na plaggen voornamelijk bepaald door opslag van Duinroosje uit wortelstokken (ruim 20% bedekking) en in geringe mate door grassen, kruiden en mossen (6%). Een belangrijk deel wordt ingenomen door kaal zand (70%). In de referentiesituatie treden weinig veranderingen op, al is sprake van een significante afname van de lage kruidlaag (van 28% naar 14%) ten gunste van de moslaag (van 75% naar 88%).

Tabel 1 Gemiddelde bedekking van vegetatiehorizonten op het Rozenwaterveld in ruige en referentie situatie en na ondiep plaggen, in 2002, 2003 en 2004. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Beheer Jaar	ruig			plaggen			referentie		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Tot. bedekking	99 a	98 a	96 a	98 a	27 b	30 b	99 a	99 a	99 a
Struiklaag	75 a	63 a	63 a	68 a	22 b	24 b	47 a	42 a	34 a
Hoge kruidlaag	30 a	20 a	18 a	41 a	2 b	0 b	0 a	0 a	0 a
Lage kruidlaag	6 a	2 a	4 a	5 a	1 a	3 a	28 a	18 b	14 b
Moslaag	66 a	49 a	47 a	61 a	1 b	3 b	75 a	82 a	88 b
Zand	0 a	0 a	0 a	0 a	72 b	70 b	0 a	0 a	0 a
Strooisellaag	30 a	60 a	40 a	48 a	1 b	1 b	1 a	4 a	2 a

In de uitgangssituatie zijn er geen significante verschillen tussen de onbehandelde plots (ruig) en de te plaggen plots. In de referentieplots is de gemiddelde bedekking van struiklaag, hoge kruidlaag en strooisellaag significant lager en de gemiddelde bedekking van de lage kruidlaag significant hoger. In het tweede jaar na uitvoering van de maatregel is in de geplagde plots de gemiddelde bedekking van de hoge en lage kruidlaag, moslaag en strooisellaag significant lager dan in de ruige situatie. In vergelijking met de doelsituatie (referentie) is de gemiddelde bedekking van kaal zand significant hoger en van de lage kruidlaag en moslaag nog significant lager.

Het **gemiddeld aantal soorten** per plot (zie figuur 7) is in 2002 in het goed ontwikkelde duingrasland (28 soorten) significant hoger dan in de verruigde (ruig) en de te plaggen plots (15, resp. 14 soorten). In duingrasland plots daalt het gemiddeld aantal soorten in 2003 significant naar 22 soorten, om vervolgens weer significant te stijgen naar 26 soorten in 2004. Deze tijdelijke teruggang is te verklaren uit het extreem droge voorjaar van 2003, ten gevolge waarvan minder eenjarige kruiden aangetroffen zijn. In het tweede jaar neemt het gemiddeld aantal soorten in de geplagde plots significant toe van 14 naar 20 soorten.



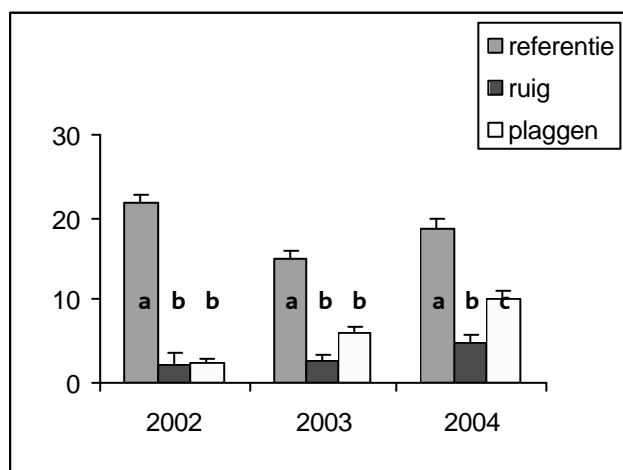
Figuur 7: Gemiddeld aantal plantensoorten per plot met standaardfout op het Rozenwaterveld in ruige, geplagde en referentieplots; opname voorafgaand aan (2002), één jaar (2003) en twee jaar (2004) na ondiep plaggen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Bij beschouwing van de **ecologische soortengroepen** blijkt dat het aantal ruigtesoorten (vaatplanten en mossen) in alle jaren laag is (variërend van 2 tot 7 soorten; zie tabel 2). Tussen de behandelingen en tussen de jaren is geen sprake van significante verschillen. Voorafgaand aan het beheer is het aantal duingraslandsoorten in de referentiesituatie (22 soorten) significant hoger dan in zowel de ruige situatie als in de te plaggen plots (2 á 3 soorten).

Tabel 2 Gemiddeld aantal duingrasland en ruigtesoorten en gemiddelde som van de bedekking van duingrasland en ruigtesoorten op het Rozenwaterveld, onderverdeeld in vaatplanten en (korst)mossen, in ruige, geplagde en referentieplots, in 2002 (jaar 0), 2003 (jaar 1) en 2004 (jaar 2). Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Jaar Beheer	0			1			2		
	ruig	plaggen	ref.	ruig	plaggen	ref.	ruig	plaggen	ref.
Aantal soorten duingrasland	2 a	3 a	22 b	3 a	6 b	15 c	5 a	10 b	19 c
ruigte	5 a	7 a	2 b	5 a	3 ab	2 ab	7 a	4 a	3 a
Bedekking vaatplanten duingrasland	2 a	0 a	30 b	1 a	1 a	13 b	1 a	2 a	14 b
ruigte	23 a	41 a	0 b	15 a	3 b	0 b	18 a	2 b	1 b
Bedekking (korst)mossen duingrasland	0 a	5 a	61 b	0 a	0 a	71 b	0 a	1 a	76 b
ruigte	67 a	55 a	16 b	50 a	0 b	10 ab	47 a	2 c	11 b

In het eerste en het tweede jaar na plaggen is dit ook het geval, maar in de geplagde plots worden nu significant meer duingraslandsoorten gevonden dan in de ruige plots (zie ook figuur 8). Het aantal stijgt door vestiging van nieuwe soorten naar gemiddeld 10 soorten, met bijvoorbeeld Vroege haver (*Aira praecox*), Zandhoornbloem (*Cerastium semidecandrum*), Gewone rolklaver (*Lotus corniculatus*) en Duinviooltje (*Viola curtisii*). Na plaggen zijn ook de Rode lijstsoorten Zandviooltje (*Viola rupestris*) en Grote tijm (*Thymus pulegioides*) in elk één plot verschenen. (Korst)mossen van duingrasland hebben zich nog nauwelijks gevestigd. De bedekking van de ruigtesoorten (zowel vaatplanten als mossen) is in 2002 in de te plaggen plots nog significant hoger dan in het duingrasland. Dit verschil valt geheel weg na plaggen, terwijl de bedekking significant lager wordt dan in de ruige plots. De bedekking van de duingraslandsoorten blijft in de geplagde plots significant lager dan in de referentieplots en blijft ongeveer even hoog als in de onbehandelde, ruige plots. De ruigtesoorten zijn sterk teruggedrongen in bedekking en de doelsoorten van het duingrasland hebben zich dus gevestigd, maar de bedekking blijft vooralsnog laag.



Figuur 8: Gemiddeld aantal duingraslandsoorten per plot met standaardfout op het Rozenwaterveld in ruige, geplagde en referentieplots; opname voorafgaand aan (2002), één jaar (2003) en twee jaar (2004) na ondiep plaggen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Infiltratiegebied

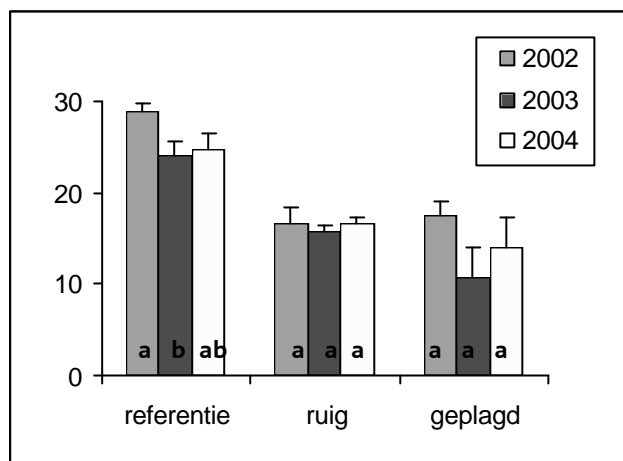
De bedekking van de **vegetatiehorizonten** is voor de uitgangssituatie in jaar 0 (2002), jaar 1 (2003) en jaar 2 (2004) bij de verschillende behandelingen weergegeven in tabel 3. In de onbeheerde, ruige situatie treden geen significante veranderingen op, met uitzondering van een significante toename van de bedekking van strooisel (van 32% naar 53%). Na ondiep plaggen is de totale bedekking en de bedekking van hoge en lage kruidlaag, moslaag en strooisellaag significant afgenomen. De bedekking wordt voornamelijk bepaald door grassen kruiden (12%); mossen (1%) spelen een ondergeschikte rol. Een groot deel wordt ingenomen door kaal zand (> 80%). In de referentiesituatie treden weinig veranderingen op, al is sprake van een significante afname van de lage kruidlaag (van 22% naar 10%). Een dergelijke ontwikkeling trad ook op het Rozenwaterveld op.

Tabel 3 Gemiddelde bedekking van vegetatiehorizonten in het Infiltratiegebied in ruige en referentiesituatie en na ondiep plaggen, in 2002, 2003 en 2004. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Beheer Jaar	ruig			Plaggen			referentie		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Tot. bedekking	97 a	97 a	96 a	98 a	6 b	15 b	98 a	98 a	96 a
Hoge kruidlaag	44 a	46 a	30 a	34 a	0 b	0 b	0 a	0 a	0 a
Lage kruidlaag	40 a	30 a	30 a	46 a	4 b	12 b	22 a	10 b	10 b
Moslaag	63 a	62 a	62 a	60 a	1 b	1 b	92 a	90 a	90 a
Zand	0 a	0 a	0 a	0 a	88 b	82 b	2 a	2 a	2 a
Strooisellaag	32 a	40 ab	53 b	45 a	1 b	1 b	1 a	1 a	1 a

In de uitgangssituatie zijn er voor wat betreft de vegetatiestructuur geen significante verschillen tussen de onbehandelde plots (ruig) en de te plaggen plots. In de duingrasland plots (referentie) is de gemiddelde bedekking van hoge en lage kruidlaag en strooisellaag significant lager en de gemiddelde bedekking van de moslaag significant hoger. In het tweede jaar na uitvoering van de maatregel is in de geplagde plots de gemiddelde bedekking van de hoge kruidlaag, moslaag en strooisellaag significant lager dan in de ruige plots. In vergelijking met de doelsituatie (referentie) is de gemiddelde bedekking van kaal zand significant hoger en van de moslaag significant lager.

Het **gemiddeld aantal soorten** per plot is in 2002 in het goed ontwikkelde duingrasland met 29 soorten significant hoger dan in de ruige situatie en de te plaggen situatie (17, resp. 18 soorten). In duingrasland plots daalt het gemiddeld aantal soorten in 2003 significant naar 24 soorten; in 2004 is het verschil met de uitgangssituatie niet meer significant (figuur 9). Net als op het Rozenwaterveld geldt dat het extreem droge voorjaar van 2003 hiervoor waarschijnlijk de oorzaak is. Het gemiddeld aantal soorten is in de geplagde plots niet significant veranderd ten opzicht van de uitgangssituatie.



Figuur 9: Gemiddeld aantal plantensoorten per plot met standaardfout in het Infiltratiegebied in ruige, geplagde en referentieplots; opname voorafgaand aan (2002), één jaar (2003) en twee jaar (2004) na ondiep plaggen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

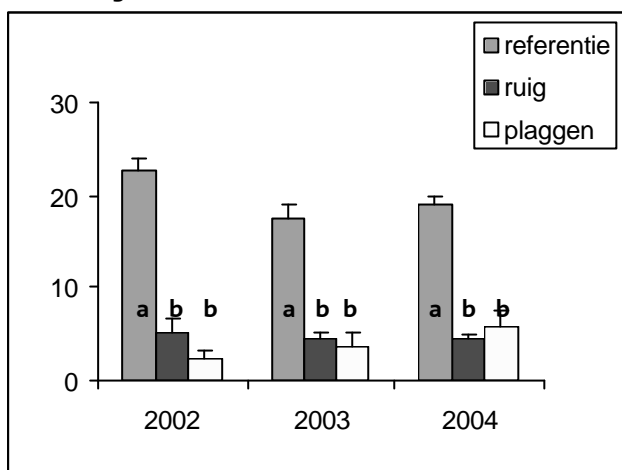
Voor de **ecologische soortengroepen** blijkt dat het gemiddeld aantal ruigtesoorten (vaatplanten en mossen) in de uitgangssituatie (2002) niet significant verschilt tussen de ruige plots (8 soorten) en de te plaggen plots (9 soorten), maar hoger is dan in de referentieplots (3 soorten; zie tabel 4).

Tabel 4: Gemiddeld aantal duingrasland en ruigtesoorten en gemiddelde som van de bedekking van duingrasland en ruigtesoorten in het Infiltratiegebied, onderverdeeld in vaatplanten en (korst)mossen, in ruige, geplagde en referentieplots, in 2002 (jaar 0), 2003 (jaar 1) en 2004 (jaar 2). Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Jaar	0			1			2		
	ruig	plaggen	ref.	ruig	plaggen	ref.	ruig	plaggen	ref.
Aantal soorten duingrasland	5 a	2 a	23 b	5 a	4 a	18 b	5 a	6 a	19 b
ruigte	8 a	9 a	3 b	7 a	4 b	4 ab	7 a	4 b	3 b
Bedekking vaatplanten duingrasland	0 a	1 a	18 b	1 a	0 a	11 b	1 a	1 a	9 b
ruigte	49 a	70 b	6 c	44 a	2 b	2 b	45 a	5 b	2 b
Bedekking (korst)mossen duingrasland	7 a	1 a	93 b	6 a	0 a	89 b	12 ab	0 a	89 b
ruigte	57 a	57 a	0 b	54 a	0 b	0 b	49 a	0 b	0 b

Na plaggen daalt het gemiddeld aantal ruigtesoorten significant van 9 naar 4 soorten per plot. Dit aantal verschilt niet significant van de referentieplots en is significant lager dan in de ruige plots. Voorafgaand aan het beheer is het aantal duingraslandsoorten in de referentiesituatie (23 soorten) significant hoger dan in zowel de ruige als de te plaggen plots (gem. 5, resp. 2 soorten). In het eerste en het tweede jaar na plaggen is dit ook het geval. Het aantal duingraslandsoorten stijgt in de geplagde plots licht van gemiddeld 2 naar 6 soorten, maar deze verandering is niet significant (zie ook figuur 10). Nieuwkomers zijn hier Kandelaartje (*Saxifraga tridactylites*), Zanddoddegras (*Phleum arenarium*) en Muurpeper (*Sedum acre*). Ook in het Infiltratiegebied hebben (korst)mossen van duingrasland zich nog niet of nauwelijks gevestigd. De bedekking van de ruigtesoorten (zowel vaatplanten als mossen) is in 2002 in te plaggen plots nog significant hoger dan in duingrasland plots. Dit verschil valt geheel weg na plaggen, terwijl de bedekking significant lager wordt

dan in de ruige plots. Overigens was de bedekking van de ruige grassen in de te plaggen plots in de uitgangssituatie significant hoger dan in de ruige plots (resp. gemiddeld 70% en 49%). De bedekking van de duingraslandsoorten blijft in de geplagde plots significant lager dan in de referentieplots en blijft ongeveer even hoog als in de onbehandelde, ruige plots. De ruigesoorten zijn in de geplagde plots teruggedrongen, zowel in aantal als in bedekking. De eerste doelsoorten van het duingrasland verschijnen, maar niet in significante aantallen en met een geringe bedekking.



Figuur 10: Gemiddeld aantal duingraslandsoorten per plot met standaardfout in het Infiltratiegebied in ruige, geplagde en referentieplots; opname voorafgaand aan (2002), één jaar (2003) en twee jaar (2004) na ondiep plaggen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

3.2 Bodem en biomassa

Verschillende bodemparameters en de biomassa van de vegetatie zijn onderzocht in de zomer volgend op uitvoering van beheersmaatregel. Er wordt een beeld verkregen van het effect van ondiep plaggen op de ontkalkingsdiepte en de zuurgraad (pH-KCl) van de bodem, wat een indicatie geeft over de nutriëntenbeschikbaarheid voor en de productiviteit van de vegetatie. De biomassa wordt enerzijds beschouwd voor wat betreft vaatplanten en (korst)mossen, anderzijds voor strooisel en dood overstaand materiaal. De verschillen zijn voor wat betreft de biomassabepalingen tussen de behandelingen soms aanzienlijk, maar de variantie binnen verschillende behandelingen is ook erg groot. Dat is deels toe te schrijven aan het feit dat het voorjaar en de voorzomer voorafgaand aan de metingen extreem droog en warm waren. Daardoor was soms een deel van de levende biomassa al afgestorven (= dode biomassa) en was de onderverdeling binnen de dode biomassa soms moeilijk te maken.

Locatie speelt in vrijwel alle gevallen geen significante rol in de verklaring van verschillen voor bodem en biomassa. Zo er al sprake is van een significant verschil, komt dat volledig voor rekening van de behandeling (ondiep plaggen, niets doen, referentie).

Rozenwaterveld

Op het Rozenwaterveld is de **levende biomassa** na plaggen significant lager dan in de vergraste situatie en het goed ontwikkelde duingrasland (tabel 5). Dit verschil wordt voornamelijk verklaard door het ontbreken van (korst)mossen in de geplagde plots, maar ook de vaatplanten hebben een significant lagere biomassa in vergelijking met de verruigde vegetatie. De totale **dode biomassa** is significant lager na plaggen, omdat vrijwel alle strooisel verwijderd is.

De **zuurgraad** (pH-KCl) van de toplaag van de bodem ligt voor alle drie behandelingen rond 5,5. De **ontkalkingsdiepte** is in de verruigde vegetatie gemiddeld 15 cm en

significant groter dan in het duingrasland (6 cm). Na plaggen is die waarde gemiddeld 9 cm, maar het verschil is niet significant ten opzichte van beide andere situaties. Ondiep plaggen heeft niet geleid tot een significante verandering van beide bodemparameters. De strooiselininput en -mineralisatie zijn sterk verminderd ten gevolge van plaggen, waardoor de nutriëntenhuishouding verbeterd is.

Tabel 5 Gemiddelde levende biomassa (vaatplanten en (korst)mossen), dode biomassa (overstaand en strooisel), zuurgraad (pH-KCl) en ontkalkingsdiepte op het Rozenwaterveld in onbeheerde (ruige), geplagde en duingrasland plots (referentie) in 2003 (jaar 1). Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Beheer	ruig	plaggen	referentie
Levende biomassa			
Vaatplanten	609 a	153 b	166 ab
(korst)mossen	149 ab	0 a	371 b
Totaal	758 a	153 b	537 a
Dode biomassa			
Overstaand	244 a	21 b	32 ab
Strooisel	415 a	14 b	265 a
Totaal	659 a	35 b	296 a
Bodem			
pH-KCl	5,3 a	5,7 a	5,5 a
Ontkalkingsdiepte	15 a	9 ab	6 b

Infiltratiegebied

In het Infiltratiegebied is in de geplagde plots de **levende biomassa** significant lager dan in de vergraste en duingrasland plots (tabel 6). Dit verschil wordt veroorzaakt door het ontbreken van(korst)mossen. Vaatplanten zijn ook in biomassa lager, maar het verschil is niet significant. De totale **dode biomassa** (strooisel en dood overstaand) is in de ruige plots significant hoger en geheel verdwenen na plaggen.

De **zuurgraad** (pH-KCl) van de toplaag van de bodem ligt tussen 7,1 en 7,7; verschillen zijn niet significant tussen de verschillende situaties. De **ontkalkingsdiepte** is gemiddeld enkele centimeters, maar verschilt niet significant. Ondiep plaggen heeft niet geleid tot een verandering van beide bodemparameters. De nutriëntenhuishouding is veranderd doordat de strooiselininput en -mineralisatie sterk verminderd is.

Tabel 6: Gemiddelde levende biomassa (vaatplanten en (korst)mossen), dode biomassa (overstaand en strooisel), zuurgraad (pH-KCl) en ontkalkingsdiepte in het Infiltratiegebied in onbeheerde (ruige), geplagde en duingrasland plots (referentie) in 2003 (jaar 1). Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

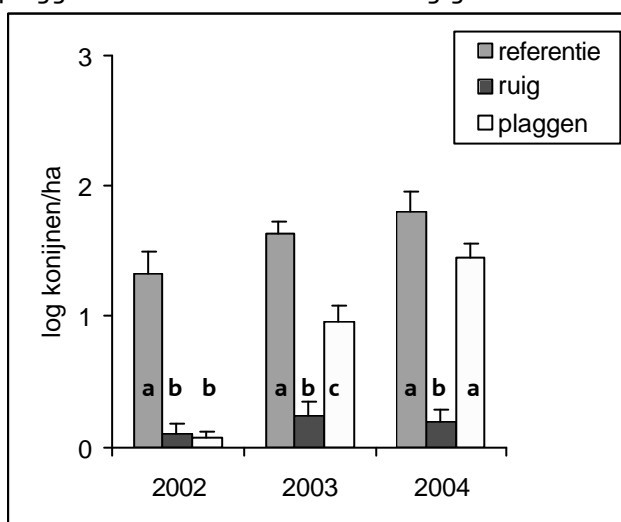
Beheer	ruig	plaggen	referentie
Levende biomassa			
vaatplanten	249 a	59 a	186 a
(korst)mossen	229 ab	0 a	687 b
totaal	479 a	59 b	873 a
Dode biomassa			
overstaand	269 a	2 b	4 b
strooisel	279 a	0 a	0 a
totaal	547 a	2 b	4 b
Bodem			
pH-KCl	7,1 a	7,7 a	7,5 a
ontkalkingsdiepte	2 a	0 a	1 a

3.3 Fauna

De effecten van ondiep plaggen zijn op het Rozenwaterveld onderzocht op konijnen, dagvlinders, loopkevers en sprinkhanen. In het Infiltratiegebied is onderzoek gedaan naar konijnen, loopkevers en de Blauwvleugelsprinkhaan. Een indicatie van de konijnenactiviteit is verkregen uit keuteltellingen. Het aantal keutels is omgerekend naar de dichtheid van konijnen per hectare. Dagvlinders zijn onderzocht in transecten en loopkevers met behulp van vangpotten. Sprinkhanen zijn geteld aan de hand van zicht- en geluidswaarnemingen.

Rozenwaterveld

In de uitgangssituatie (2002) is de dichtheid van het **Konijn** in de ruige en de te plaggen plots significant lager dan in de duingrasland plots (zie figuur 11). In het duingrasland zitten gemiddeld 25 konijnen per hectare, terwijl zij in de verruigde situatie (zowel ruig als plaggen) vrijwel ontbreken. Wel is vastgesteld dat konijnenholen vooral gelegen zijn in verruigde hellingen langs goed ontwikkeld duingrasland. Bij het uitzetten van de te plaggen vakken is hiermee rekening gehouden.



Figuur 11: Dichtheid van konijnen (uitgedrukt in log konijnen/ha) per plot met standaardfout op het Rozenwaterveld in ruige, geplagde en duingrasland plots (referentie); opname voorafgaand aan (2002), één jaar (2003) en twee jaar (2004) na ondiep plaggen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Na uitvoering van de beheersmaatregel wordt de dichtheid in de geplagde vakken significant hoger dan in de onbeheerde ruige plots. Na twee jaar is er geen significant verschil meer tussen geplagde en referentieplots. In de geplagde plots is ieder jaar sprake van een significante stijging ten opzichte van het voorgaande jaar. Overigens verandert de konijndichtheid in de duingrasland plots ook (van gem. 25 naar 76 konijnen/ha), maar hierbij is geen sprake van significante verschillen tussen de jaren.

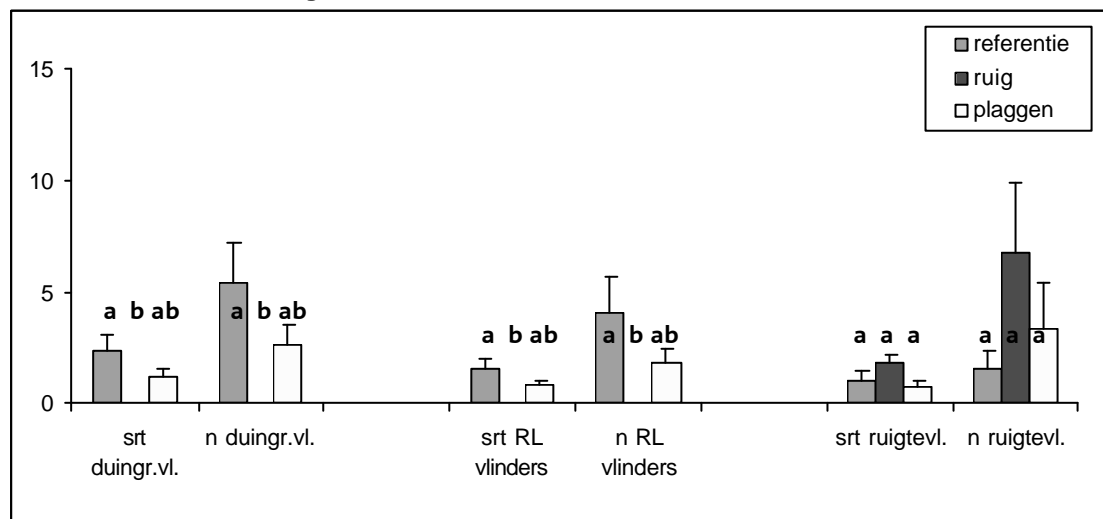
In 2002 kwamen nog vrij veel **dagvlinders** op het Rozenwaterveld voor. In de secties met goed ontwikkeld duingrasland werden in negen tellingen gemiddeld 26 individuen geteld. In de twee daaropvolgende jaren nam dit aantal af met ongeveer 75% naar gemiddeld 7 individuen per sectie. In de hele regio Zuid-Kennemerland was in 2003 bij vooral dagvlinders van open duin (duingrasland) sprake van een sterke afname ten opzichte van het voorgaande jaar (Wallis de Vries, 2004).

De dagvlinders zijn ten behoeve van de analyse van de effecten van ondiep plaggen onderverdeeld in soorten die gebonden zijn aan duingrasland (met name vanwege de waardplanten) en soorten die een voorkeur hebben voor ruigten en zomen (zie bijlage 3).

Tabel 7 Gemiddeld aantal soorten en gemiddeld aantal individuen duingrasland-, ruigte- en Rode lijstvlinders per sectie op het Rozenwaterveld in ruige, geplagde en referentieplots, in 2002 (jaar 0), 2003 (jaar 1) en 2004 (jaar 2). Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Jaar Beheer	0			1			2		
	ruig	plaggen	ref.	ruig	plaggen	ref.	ruig	plaggen	ref.
Aantal soorten									
duingrasland	1 a	1 a	5 b	1 a	2 ab	3 b	0 a	1 ab	2 b
ruigte	2 a	2 a	2 a	2 a	1 a	1 a	2 a	1 a	1 a
Rode lijst	0 a	0 a	3 b	0 a	1 b	1 b	0 a	1 b	2 b
Aantal individuen									
duingrasland	1 a	2 a	18 b	1 a	3 ab	5 b	0 a	3 ab	5 b
ruigte	16 a	16 a	8 a	7 a	8 a	1 a	7 a	3 a	2 a
Rode lijst	0 a	0 a	10 b	0 a	2 b	4 b	0 a	2 ab	4 b

In de uitgangssituatie ligt het gemiddeld aantal soorten en het aantal individuen duingrasland en Rode lijstvlinders in de duingrasland plots (referentie) significant hoger dan in de ruige en de te plaggen plots (zie tabel 7). Vooral de Rode lijstsoorten Kleine parelmoervlinder en Bruin blauwtje zijn vertegenwoordigd, in mindere mate Duinparelmoervlinder en Heivlinder. Het gemiddeld aantal individuen van ruigtevlinders is niet significant lager in de referentieplots, en er is geen verschil in het aantal ruigtesoorten. Hierbij gaat het vooral om Bruin zandoogje en Zwartsrietdikkopje. Twee jaar na plaggen (2004) is het aantal soorten en individuen duingraslandvlinders sterk gedaald. Het aantal blijft in de referentieplots wel significant hoger dan in de ruige plots, waar in dat jaar geen enkele soort uit deze groep is aangetroffen. De geplagde plots nemen een tussenpositie in (zie figuur 12). Het aantal soorten en individuen ruigtevlinders verschilt niet significant tussen de verschillende behandelingen en de referentie.



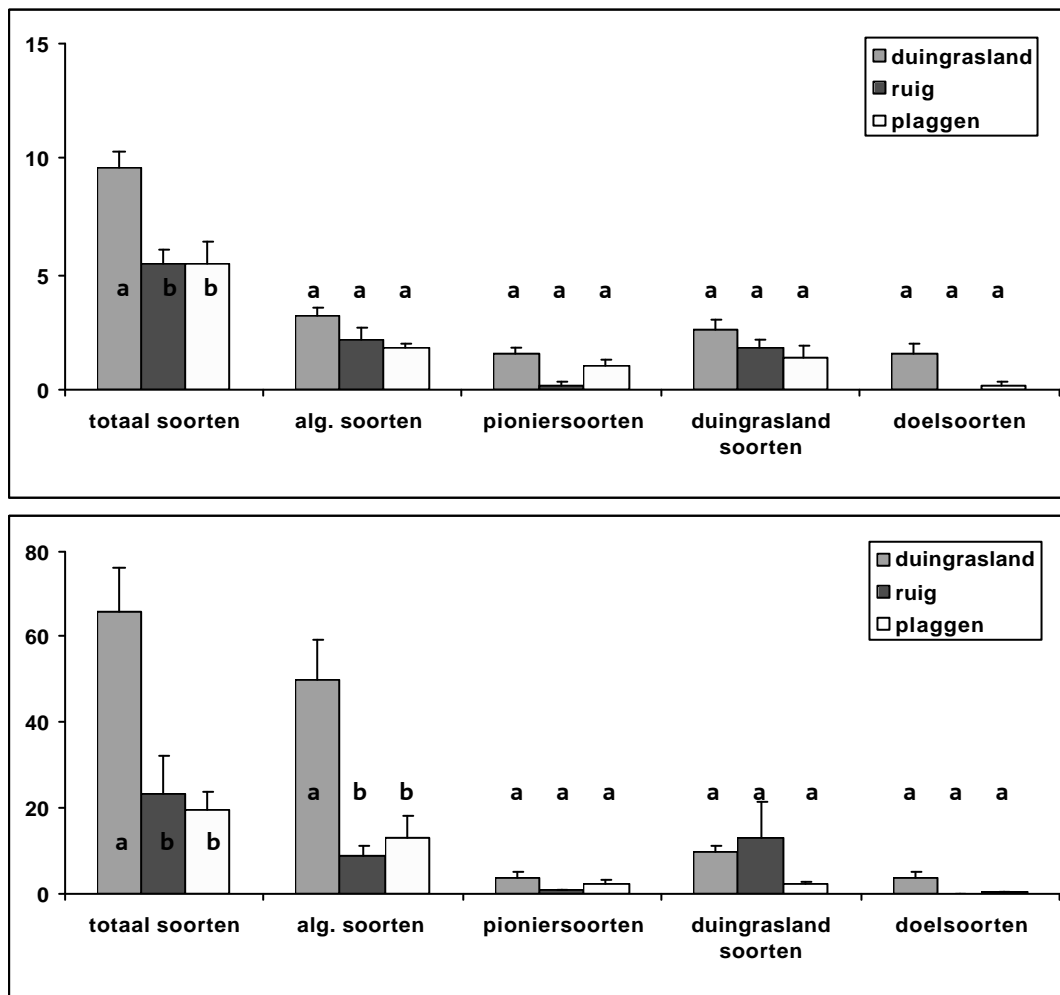
Figuur 12: Gemiddeld aantal soorten en gemiddeld aantal individuen per sectie van duingrasland vlinders, Rode lijst vlinders en ruigtevlinders in referentie, ruige en geplagde plots in het tweede jaar na uitvoering van de maatregel (2004). Significante verschillen worden aangegeven met verschillende letters (Anova; $p < 0,05$).

Bij beschouwing van de ontwikkeling in de tijd valt op dat het gemiddeld aantal soorten (van 5 naar 2) en individuen duingrasland vlinders (van 18 naar 5) in de referentievakken met duingrasland significant is gedaald. In de geplagde vakken is geen sprake van een significante stijging. Ten aanzien van de Rode lijstsoorten, waarvan in de geplagde vakken vrijwel alleen de Kleine parelmoervlinder wordt

waargenomen, geldt dat het aantal individuen daar wel significant is gestegen. De waardplant van deze vlinder, het Duinviooltje, wordt hier veelvuldig aangetroffen. Het gaat echter vooralsnog om lage aantallen.

Eén jaar na plaggen zijn gedurende de periode maart tot november **loopkevers** gevangen in de verschillende vakken op het Rozenwaterveld. Zij zijn onderverdeeld in pioniersoorten, duingrasland soorten, algemene en overige soorten. Binnen de eerste twee groepen worden doelsoorten onderscheiden (bijlage 4).

In duingrasland worden gemiddeld 10 soorten aangetroffen, twee keer zoveel als in de andere plots (figuur 13). In totaal gaat het om 22 soorten in duingrasland, 15 in verruigde vegetatie en 14 in de geplagde veldjes. Van de verschillende groepen zijn alleen de pioniersoorten significant meer aanwezig in duingrasland, waaronder de doelsoort *Amara curta*. Het aantal individuen is in het duingrasland gemiddeld drie keer zo hoog als in ruige en geplagde plots. Hier blijkt het verschil met name te worden bepaald door algemene soorten als *Calathus fuscipes*. De aantallen van de overige groepen vertonen geen significante verschillen. Er is geen verschil tussen de verruigde en de geplagde vegetatie. Eén jaar na plaggen worden nog maar weinig loopkevers aangetroffen. De enige soorten die regelmatig worden gezien zijn *Cicindela hybrida* subsp. *hybrida* en *Calathus fuscipes*. In vergelijking met andere jaren zijn in 2003 weinig loopkevers gevangen, wat verklaard kan worden door een extreem droog voorjaar en droge, hete (voor)zomer (Koning & Koning-van Vuuren, 2004).



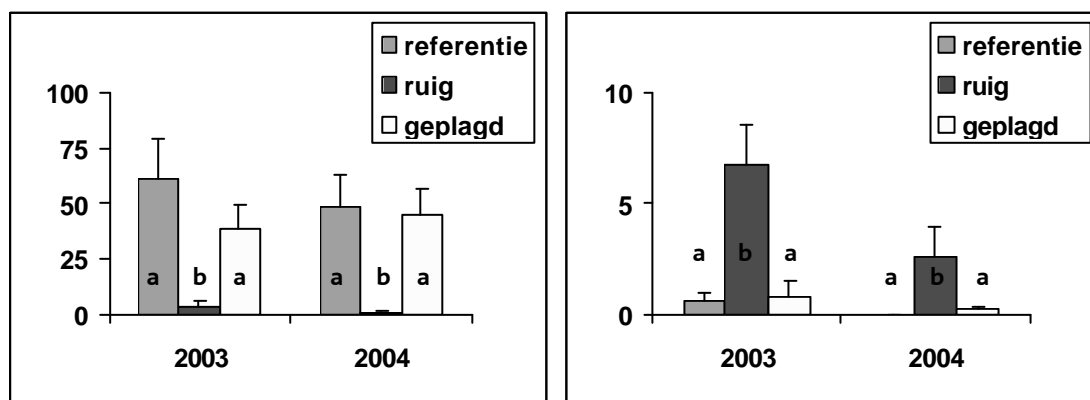
Figuur 13: Gemiddeld aantal soorten (boven) en gemiddeld aantal individuen (onder) loopkevers op het Rozenwaterveld in ruige, geplagde en referentieplots (duingrasland), in 2003 (jaar 1), onderverdeeld in verschillende groepen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Op het Rozenwaterveld zijn in het eerste en tweede jaar na plaggen **sprinkhanen** geteld. In de mooie zomer van 2003 is het gelukt om vijf volledige telrondes te lopen, terwijl dat er in 2004 vanwege minder goede weersomstandigheden slechts drie waren. In totaal zijn 6 soorten aangetroffen. Het gaat om duingrasland soorten als Snortikker, Knopsrietje, Blauwvleugelsprinkhaan en Bruine sprinkhaan en de ruigtesoorten Duinsabelsprinkhaan en Struiksprinkhaan (cf. Kleukers et al., 1997). Bij alle verschillende behandelingen lag het gemiddelde aantal soorten op ongeveer vijf. Het gemiddeld aantal individuen per soort en per behandeling is weergegeven in tabel 8.

Tabel 8 Gemiddeld aantal individuen sprinkhanen op het Rozenwaterveld in ruige, geplagde en duingrasland (referentie) vakken, in 2003 (jaar 1; 5 telrondes) en 2004 (jaar 2; 3 telrondes). Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Jaar Beheer	1			2		
	ruig	plaggen	ref.	ruig	plaggen	ref.
Soort						
Snortikker	18 a	30 ab	54 b	24 a	45 a	76 a
Knopsrietje	4 a	39 b	61 b	1 a	46 b	49 b
Blauwvleugelsprinkhaan	0 a	4 a	7 a	0 a	9 a	4 a
Bruine sprinkhaan	175 a	57 a	151 a	24 a	69 a	64 a
Duinsabelsprinkhaan	28 a	10 a	32 a	2 a	5 a	7 a
Struiksprinkhaan	7 a	1 b	1 b	3 a	0 b	0 b
Totaal	232 a	140 a	305 a	53 a	169 b	205 b

De verschillen zijn soms aanzienlijk, maar vanwege de grote variantie niet altijd significant. De Snortikker wordt in significant hogere aantallen in duingrasland aangetroffen dan in verruigde vegetatie; de geplagde vegetatie neemt een tussenpositie in. Het Knopsrietje doet het goed in zowel de duingrasland als de geplagde plots (figuur 14), waaruit blijkt dat plaggen gunstig is voor deze soort. De Blauwvleugelsprinkhaan verschijnt in de geplagde vakken, maar de verschillen zijn niet significant. De ruige vegetatie blijkt significant meer Struiksprinkhanen te herbergen (figuur 14). Het gemiddelde totale aantal sprinkhanen is in het eerste jaar nog niet significant verschillend tussen de behandelingen (grote standaardfout), maar in het tweede jaar na plaggen is het aantal in de geplagde vakken met 169 significant hoger dan in de ruige vakken (gem. 53 individuen), en significant niet lager dan in de duingrasland vakken (gem. 205 individuen).

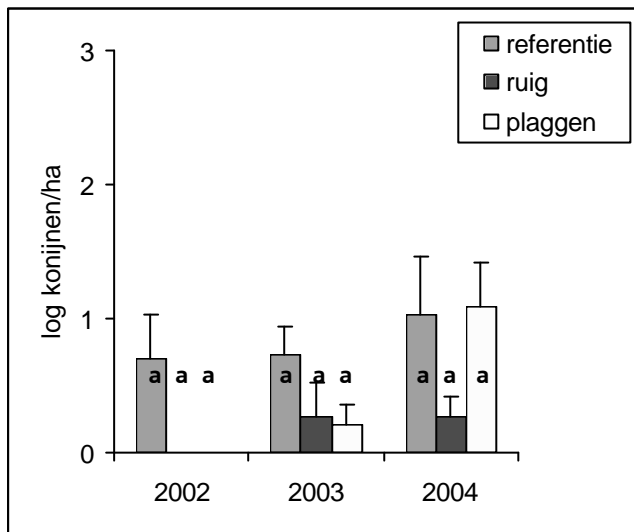


Figuur 14: Gemiddeld aantal individuen van Knopsrietje (links) en Struiksprinkhaan (rechts) één jaar (2003) en twee jaar (2004) na plaggen, in duingrasland (referentie), ruige en geplagde vegetatie. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

Om een goede vergelijking tussen de jaren te kunnen maken zijn de aantallen van 2003 van 3 telrondes geselecteerd, die in dezelfde periode liggen als de telrondes van 2004. Daaruit blijkt dat alle soorten geen significante verandering hebben ondergaan, met uitzondering van de Bruine sprinkhaan. Deze soort is alleen in de geplagde vakken in het tweede jaar significant toegenomen.

Infiltratiegebied

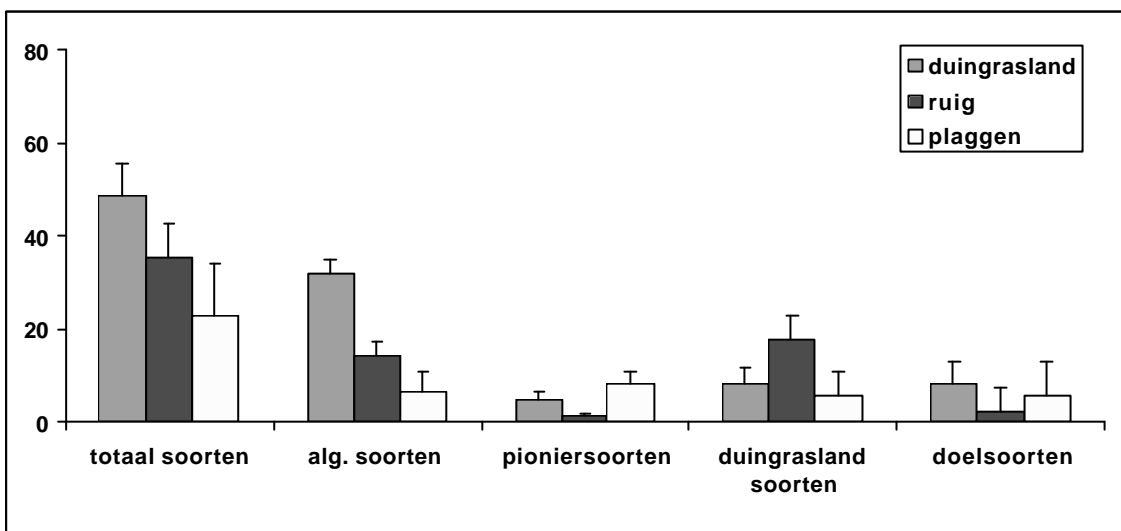
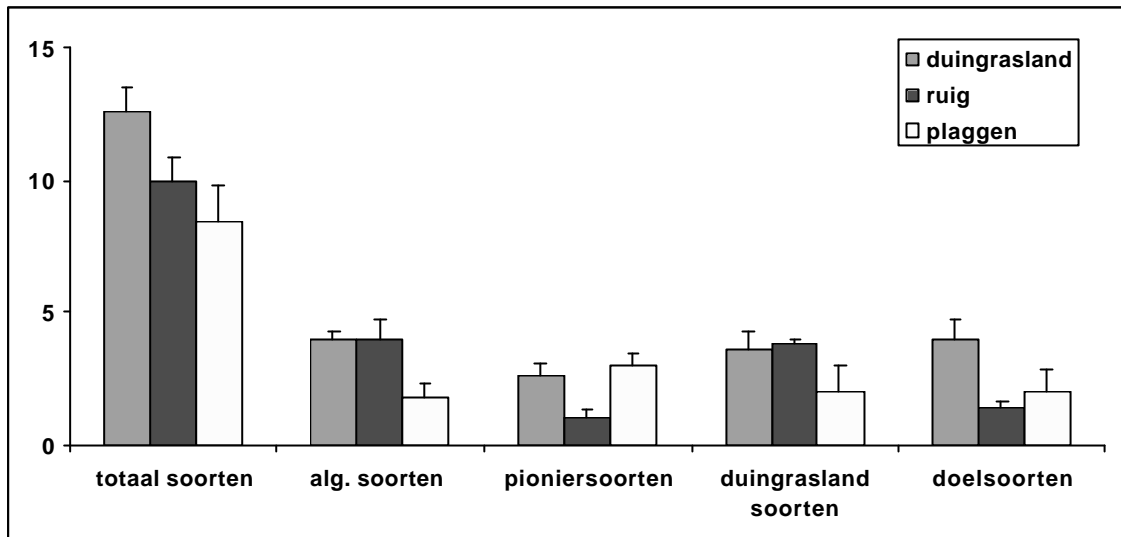
De dichtheid van het **Konijn** is in de uitgangssituatie (2002) en in het eerste jaar na plaggen (2003) niet significant verschillend tussen de behandelingen, wat te verklaren is uit het feit dat variantie erg groot is (zie figuur 15). In het duingrasland zitten in 2002 gemiddeld 12 konijnen per hectare, terwijl zij in zowel de ruige als te plaggen plots volledig ontbreken.



Figuur 15: Dichtheid van konijnen (uitgedrukt in log konijnen/ha) per plot met standaardfout in het Infiltratiegebied in ruige, geplagde en referentieplots; opname voorafgaand aan (2002), één jaar (2003) en twee jaar (2004) na ondiep plaggen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

De dichtheid in de geplagde vakken wordt pas in het tweede jaar (2004) significant hoger dan in de onbeheerde blanco plots. Er is dan ook geen significant verschil meer tussen geplagde en referentieplots. In de geplagde plots is in 2004 sprake van een significante stijging ten opzichte van 2003. Overigens verandert de gemiddelde konijnendichtheid ook in de referentie en ruige plots, maar hierbij is geen sprake van significante verschillen tussen de jaren vanwege de grote variantie in de dichtheid.

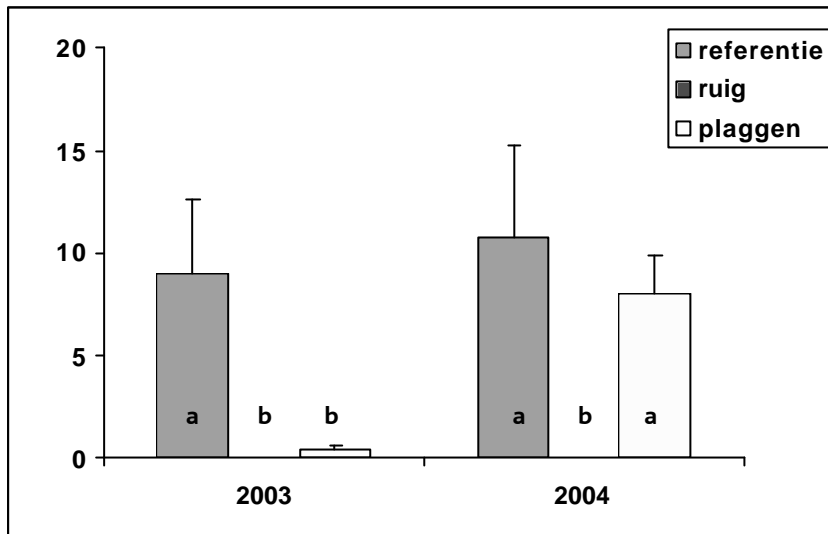
Twee jaar na plaggen zijn ook in het Infiltratiegebied gedurende de periode maart tot november **loopkevers** gevangen in de verschillende vakken. In duingrasland worden gemiddeld 13 soorten aangetroffen, tegen 10 in de ruige plots en 8 in de geplagde veldjes (figuur 16). In totaal gaat het om 27 soorten in duingrasland, 22 in verruigde vegetatie en 23 in de geplagde veldjes, wat hogere aantallen dan op het Rozenwaterveld. In de duingrasland plots worden gemiddeld significant meer doelsoorten gevonden dan in de ruige plots, zoals *Masoreus wetterhallii*, *Harpalus anxius* en *Amara curta*. Het aantal individuen is in duingrasland plots gemiddeld twee keer zo hoog als in geplagde plots, waarbij het verschil weer met name wordt bepaald door algemene soorten als *Calathus fuscipes* en *Syntomus foveatus*.



Figuur 16: Gemiddeld aantal soorten (boven) en gemiddeld aantal individuen (onder) loopkevers in het Infiltratiegebied in ruige, geplagde en referentieplots (duingrasland), in 2004 (jaar 2), onderverdeeld in verschillende groepen. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

De aantallen van de overige groepen vertonen geen significante verschillen, met uitzondering van de duingrasland soorten. Zij bereiken opvallend genoeg significant hogere aantallen in de verruigde vegetatie. Verschillende pioniersoorten, zoals *Cicindela hybrida* subsp. *hybrida* en *Harpalus servus*, worden in redelijke aantallen aangetroffen in enkele geplagde vakken.

Van de **sprinkhanen** is in het Infiltratiegebied alleen onderzoek gedaan naar de Rode lijstsoort Blauwvleugelsprinkhaan. In het eerste jaar na plaggen werden in de duingrasland plots tijdens een eenmalige telling gemiddeld 9 individuen geteld (zie figuur 17). In een enkel geplagd vak werd één exemplaar geteld. In het daarop volgende jaar was er geen significant verschil meer tussen de geplagde vegetatie en het duingrasland (resp. gemiddeld 8 en 11 individuen). In 2003 en 2004 werd een maximum van resp. 21 en 24 individuen geteld. Op het Rozenwaterveld werden maximaal resp. 10 en 14 individuen geteld en lag het gemiddelde met resp. 4 en 2 individuen een stuk lager dan in het Infiltratiegebied. Dit verschil is te verklaren uit het feit dat de duingraslanden in het Infiltratiegebied gerekend kunnen worden tot het Phleo-Turtuletum ruraliformis, waarin zandige plekken voorkomen. De duingraslanden van het Rozenwaterveld behoren tot het Taraxaco-Galietum veri en hebben een meer gesloten karakter. De open duingraslanden zijn een beter habitat voor soorten als Blauwvleugelsprinkhaan en Snortikker.



Figuur 17: Gemiddeld aantal individuen van de Blauwvleugelsprinkhaan in het Infiltratiegebied, één jaar (2003) en twee jaar (2004) na plaggen, in duingrasland (referentie), ruige en geplagde vegetatie. Significante verschillen (Anova; $p < 0,05$) worden aangeduid met verschillende letters.

4 Discussie en conclusies

In dit hoofdstuk wordt stilgestaan bij de gevolgde onderzoeksmethoden (4.1). De resultaten worden afgezet tegen de in de inleiding geformuleerde vragen ten aanzien van dit beheersexperiment voor achtereenvolgens het Rozenwaterveld (4.2) en in het Infiltratiegebied (4.3). Vervolgens wordt ingegaan op de verschillen tussen beide gebieden (4.4) en worden de verwachtingen voor de nabije toekomst geschetst (4.5).

4.1 Onderzoeksmethoden

De permanente kwadraten worden zowel voor monitoring van de vegetatieontwikkeling als voor bepaling van de konijnendichtheid (keuteltellingen) gebruikt. Wederzijdse beïnvloeding valt niet geheel uit te sluiten, maar om die zoveel mogelijk te beperken worden de keuteltellingen enkele maanden na opname van de vegetatie uitgevoerd, ruim voor de volgende opname van de vegetatie. Beïnvloeding door betreding kan met name optreden in hoogopgaande ruige begroeiing. Tijdens het onderzoek is gebleken dat niet alleen onderzoekers hiervoor verantwoordelijk zijn. Ook konijnen en damherten kunnen lokaal grote invloed uitoefenen, zelfs in verruigde vegetatie. Er is geen apart onderzoek gedaan naar deze effecten.

De zichtbaarheid van de keutels is in hoogopgaande vegetatie minder goed dan in de geplagde vegetatie en goed ontwikkeld duingrasland. Het kost dan ook meer tijd om de plots in verruigde vegetatie te onderzoeken, maar aangezien zij een beperkte oppervlakte (6 m²) hebben kon in alle begroeiingstypen een goede keuteltelling worden verricht.

Het vegetatie- en faunaonderzoek heeft duidelijk gemaakt dat aanwezigheid van winterannuellen en aantallen van insecten (dagvlinders, sprinkhanen) in meer of mindere mate beïnvloed worden door weersomstandigheden (droge, hete jaren vs. natte, koele jaren). Fluctuaties die ten gevolge hiervan optreden in aantal duingraslandsoorten zijn zichtbaar in figuur 8 en 10 en tabel 7, dankzij het feit dat ook de referentie (duingrasland) wordt onderzocht. Een hoge opnamefrequentie wordt hierdoor gerechtvaardigd.

Opname van de referentie (goed ontwikkeld duingrasland) maakt het mogelijk om de bereikte resultaten af te zetten tegen een streefbeeld. De vraag is hoe intact die referentie nog is. De duingraslandjes met een relatief hoge dichtheid aan konijnen vormen een goede afspiegeling van de huidige kwaliteit van het type. Het is echter niet ondenkbaar dat ten gevolge van luchtverontreiniging en een (tijdelijk?) lagere konijnendichtheid de vegetatie en de bijbehorende kleine fauna van karakter is veranderd, en de vegetatie bijvoorbeeld een meer gesloten karakter heeft gekregen. Het verdient dan ook aanbeveling om na te gaan of er van de soortensamenstelling van zowel vegetatie als fauna historische gegevens van het Rozenwaterveld en het Infiltratiegebied zijn.

Het is de vraag of bij insectenwaarnemingen sprake is van nieuwe vestiging dan wel van toevallige passanten. De oppervlakte van de geplagde veldjes (gem. 0,2 ha.) is beperkt, maar wel zodanig dat verondersteld mag worden dat een deel van de waarnemingen representanten van een lokale populatie betreft. Daarmee valt niet geheel uit te sluiten dat het om zwervers gaat. Er zijn wel aanwijzingen voor vestiging

in de geplagde vakken zelf. Hoewel geen specifiek onderzoek is gedaan naar ei-afzet, geldt voor vrijwel alle soorten dagvlinders dat de waardplanten voor de rupsen zijn verschenen in de geplagde vakken. Voor sprinkhanen geldt dat het voedselaanbod (voor de meeste soorten: grassen) in de geplagde vakken bepalend is voor de aantalsontwikkeling in de jaren na plaggen. Met de toename van de bedekking van veel voedselplanten neemt ook het aantal individuen van vrijwel alle soorten toe. Daarnaast is na plaggen een rijke afwisseling in vegetatiestructuur met kaal zand ontstaan, waarmee tegemoet wordt gekomen aan de eisen die door bijvoorbeeld Rode lijstsoorten als Kleine parelmoervlinder, Bruin blauwtje, Heivlinder en Blauwvleugelsprinkhaan worden gesteld aan hun leefmilieu (Van Turnhout et al., 2003). De in de nabijheid gelegen fragmenten met goed ontwikkelde duingrasland spelen waarschijnlijk wel een sleutelrol bij de bevolking van de nieuw ingerichte terreinen.

4.2 Herstel Rozenwaterveld

Leidt ondiep plaggen tot omvorming van verruigde vegetatie naar duingrasland (structuur, soortenrijkdom, ecologische soortengroepen)?

Ondiep plaggen in de met Duinriet en Duinroosje verruigde duingraslanden van het Taraxaco-Galietum veri heeft op het Rozenwaterveld geleid tot een significante afname van de bedekking van de lage struiklaag, hoge kruidlaag, moslaag en strooisellaag en toename van onbegroeid zand. Daardoor is een open begroeiing met een afwisselende structuur ontstaan.

Twee jaar na uitvoering van de beheersmaatregel is het gemiddeld aantal soorten significant gestegen van 14 naar 20 soorten per permanent kwadraat, wat nog significant lager is dan in goed ontwikkeld duingrasland. Het aantal voor duingrasland kenmerkende soorten is ook significant toegenomen tot 10 soorten, de helft van het aantal in goed ontwikkeld duingrasland. De bedekking blijft vooralsnog laag en karakteristieke (korst)mossoorten hebben zich nog nauwelijks gevestigd. Het aantal ruigtesoorten blijft laag, maar de bedekking van ruigtesoorten (zowel vaatplanten als mossen) is significant gedaald.

Conclusie: De omvorming naar een voor duingrasland kenmerkende vegetatie met de daarbij behorende plantensoorten is in gang gezet.

Worden de randvoorwaarden ten aanzien van de nutriënten- en lichtbeschikbaarheid hersteld na ondiep plaggen (bodem en biomassa)?

Uit de significante afname van zowel levende als dode biomassa (strooisel) blijkt dat veel meer licht de bodem kan bereiken, wat gunstig is voor de vestiging van duingraslandsoorten (zowel flora als fauna). De zuurgraad en de ontkalkingsdiepte van de toplaag van de bodem zijn echter niet significant gewijzigd; daarvoor is de geplagde laag te dun. Aangezien het strooisel vrijwel volledig is verwijderd, is de afbraak van organisch materiaal zeer gering en zal vooralsnog geen verzuring en verrijking optreden. De intermediaire pH geeft echter aan dat geen sprake is van fosfaatbinding aan calcium en dat de vegetatie in principe gevoelig is voor vergrassing (Kooijman et al., 2005).

Conclusie: De nutriënten- en lichtbeschikbaarheid zijn sterk verbeterd, maar de buffering van de toplaag van de bodem voor verzuring en vermessing is niet essentieel veranderd.

Treedt herstel op van het Konijn, die een sleutelrol speelt in het onderhoud van duingrasland?

Het gemiddeld aantal konijnen (afgeleid van het aantal keutels) stijgt significant in de geplagde vakken en verschilt niet meer significant van de situatie in het goed

ontwikkelde duingrasland. Blijkbaar hebben zij hun invloedssfeer vanuit de directe omgeving uitgebreid naar de geplagde vakken.

Conclusie: Het herstel van de konijnenpopulatie is ingezet.

Kunnen kenmerkende, aan duingrasland gebonden insecten(groepen) profiteren van ondiep plaggen?

De dagvlinders zijn in de jaren na uitvoering van de beheersmaatregel sterk in aantal achteruitgegaan in de resterende stukjes duingrasland, én in de gehele AWD. Regionale ontwikkelingen hebben zodoende ook invloed op het succes van kleinschalige herstelmaatregelen. Op de geplagde veldjes zijn de eerste duingraslandvlinders verschenen (m.n. Kleine parelmoervlinder), zij het in kleine aantallen.

Ondiep plaggen heeft in het eerste jaar nog niet geleid tot de vestiging van veel pionier- en duingraslandsoorten onder de loopkevers. De overwegend gesloten duingraslanden van het Rozenwaterveld zijn niet erg soortenrijk.

Na ondiep plaggen is de kolonisatie door verschillende sprinkhaansoorten op gang gekomen, maar alleen de toename van het Knopsprietje, een soort die karakteristiek is voor duingrasland, is significant. De ruigtesoort Struiksprinkhaan is significant teruggedrongen.

Conclusie: De onderzochte insectenfauna reageert tot nu toe langzaam op de verandering van de vegetatie in de geplagde vakken. Er zijn aanwijzingen dat sommige duingraslandsoorten kunnen profiteren van het opener worden van de vegetatiestructuur.

4.3 Herstel Infiltratiegebied

Leidt ondiep plaggen tot omvorming van verruigde vegetatie naar duingrasland (structuur, soortenrijkdom, ecologische soortengroepen)?

Ondiep plaggen in de met kweeksoorten verruigde duingraslanden van het Phleo-Tortuletum ruraliformis heeft in het Infiltratiegebied geleid tot een significante afname van de bedekking van de hoge en lage kruidlaag, moslaag en strooisellaag en toename van onbegroeid zand. Daardoor is een open begroeiing ontstaan.

Twee jaar na uitvoering van de beheersmaatregel is het gemiddeld aantal soorten niet significant veranderd, en significant lager dan in goed ontwikkeld duingrasland. Een aantal voor duingrasland kenmerkende soorten heeft zich gevestigd, maar er is geen sprake van een significante toename. Karakteristieke (korst)mossoorten zijn nog nauwelijks verschenen. Het aantal ruigtesoorten is significant gedaald van gemiddeld 9 naar 4 soorten, evenals hun gemiddelde bedekking. Op verschillende hellingen begint Kweek op te slaan uit restanten van wortelstokken; op de vlakke delen valt dit mee. Het ondiep plaggen van steile hellingen is blijkbaar moeilijker dan van vlakke terreindelen.

Conclusie: Er is nog nauwelijks sprake van een overgang naar een voor duingrasland kenmerkende vegetatie met de daarbij behorende plantensoorten.

Worden de randvoorwaarden ten aanzien van de nutriënten- en lichtbeschikbaarheid hersteld na ondiep plaggen (bodem en biomassa)?

Zowel levende als dode biomassa (strooisel) zijn significant afgenomen. Daaruit blijkt dat veel meer licht de bodem kan bereiken, wat gunstig is voor de vestiging van duingraslandsoorten (zowel flora als fauna). De zuurgraad en de ontkalkingsdiepte van de top laag van de bodem zijn niet significant gewijzigd. Het strooisel is echter

verwijderd, waardoor het vrijkomen van nutriënten bij en de verzurende werking van de afbraak van de strooisellaag worden beperkt. De hoge pH geeft aan dat sprake is van fosfaatbinding (P) aan kalk; daarmee is sprake van een P-gelimiteerd systeem en is de kans op vergrassing in principe klein (Kooijman et al., 2004).

Conclusie: De nutriënten- en lichtbeschikbaarheid zijn sterk verbeterd, en de buffering van de toplaag van de bodem voor verzuring en vermesting is gunstig ter voorkoming van vergrassing.

Treedt herstel op van het Konijn, die een sleutelrol speelt in het onderhoud van duingrasland?

Het gemiddeld aantal konijnen (afgeleid van het aantal keutels) is na ondiep plaggen significant toegenomen en verschilt niet meer significant van de situatie in het goed ontwikkelde duingrasland. Blijkbaar hebben zij hun invloedssfeer vanuit de directe omgeving uitgebreid naar de geplagde vakken. De dichtheid is echter lager dan op het Rozenwaterveld.

Conclusie: Het herstel van de konijnenpopulatie is ingezet.

Kunnen kenmerkende, aan duingrasland gebonden insecten(groepen) profiteren van deze beheersmaatregel?

Ondiep plaggen heeft in het tweede jaar nog niet geleid tot de vestiging van veel pionier- en duingraslandsoorten onder de loopkevers. De overwegend open duingraslanden van het Infiltratiegebied herbergen meer soorten dan het Rozenwaterveld.

Na ondiep plaggen is de kolonisatie door de Blauwvleugelsprinkhaan (Rode lijstsoort) een feit. De geplagde situatie is vergelijkbaar met de duingraslanden.

Conclusie: De onderzochte insectenfauna reageert langzaam op de verandering van de vegetatie in de geplagde vakken. Een enkele duingraslandsoort heeft kunnen profiteren van het opener worden van de vegetatiestructuur.

4.4 Verschillen tussen Rozenwaterveld en Infiltratiegebied

Het herstel van de duingrasland vegetatie met de bijbehorende (kleine) fauna komt voorsnog op het Rozenwaterveld beter uit de verf dan in het Infiltratiegebied. Aan het verschil in ontwikkeling tussen beide gebieden kan een aantal oorzaken ten grondslag liggen.

- Een mogelijke verklaring voor het snellere herstel op het Rozenwaterveld kan gelegen zijn in het feit dat hier niet de gehele organische laag verwijderd is, terwijl dit in het Infiltratiegebied wel het geval is. Daardoor is op het Rozenwaterveld het diepere deel van de zaadbank (5-10 cm) blijven zitten. Uit zaadbankonderzoek in de Amsterdamse Waterleidingduinen (Bekker & de Vries, 2001) is duidelijk geworden dat verschillende duingraslandsoorten met langlevende zaden (cf. Thompson, 1997) hierin vertegenwoordigd kunnen zijn. Voorbeelden hiervoor zijn Vroege haver, Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*) en Grote tijm. Zij hebben zich op sommige plekken massaal gevestigd op het Rozenwaterveld.
- Konijnen zijn in staat om grote hoeveelheden zaden van planten via keutels te transporteren (Malo & Suarez, 1996). Zij vormen daarmee een belangrijke dispersiefactor. De hogere konijndichtheid op het Rozenwaterveld kan mede de oorzaak zijn van de snellere kolonisatie van duingraslandsoorten in de geplagde terreinen.

- Ondiep plaggen heeft op het Rozenwaterveld niet geleid tot een significante verhoging van de zuurgraad (pH-KCl = 5,7), terwijl in het Infiltratiegebied de zuurgraad significant hoger is (pH-KCl = 7,7). De nutriëntenbeschikbaarheid is daardoor op het Rozenwaterveld waarschijnlijk groter. Door ondiep te plaggen is op het Rozenwaterveld (bodems met een dikkere organische horizont) niet de gehele organische horizont verwijderd, terwijl dit in het Infiltratiegebied (bodems met een dunne organische horizont) vrijwel altijd wel het geval is. De omstandigheden voor kieming, vestiging en groei zijn op het Rozenwaterveld waarschijnlijk gunstiger.

4.5 Verwachtingen ten aanzien van de komende jaren

We zullen moeten afwachten hoe beide gebieden zich de komende jaren verder ontwikkelen. Veranderingen op grotere schaal spelen een rol bij het herstel op de langere termijn (konijnen: VHS; regionale ontwikkelingen dagvlinders; weersinvloeden).

De verwachting is dat de hervestiging van het Konijn na plaggen essentieel is voor een duurzaam herstel. Zonder een gezonde konijnenpopulatie kunnen ruige grassen weer hun opmars doen, waardoor het voorzichtig ingezette herstel teniet wordt gedaan. Dat geldt zeker voor het Rozenwaterveld, waar de geplagde veldjes door de geringe zuurbuffering gevoelig blijven voor vergrassing. Konijnen zorgen met hun graas- en graafactiviteiten ervoor, dat de vegetatie open en daardoor structuurrijk blijft en verzuring van de bodem wordt tegengegaan. Bij een laag blijvende konijnenstand zal vervolfbeheer in de vorm van extensieve begrazing noodzakelijk zijn, zoals is gebleken na chopperen van heischrale graslanden op Texel, waar de populatiedichtheid van het Konijn nog steeds laag is (Bruin, 2004).

Uit faunaonderzoek in gechopperde kraaiheidevegetatie op Texel kwam naar voren dat de diversiteit en omvang van de mieren- en loopkeverpopulatie toenamen met de tijd na uitvoering van de maatregel (Boer & Noordijk, 2005). Voortzetting van het onderzoek op de verschillende fronten (vegetatie, Konijn, dagvlinders, loopkevers en sprinkhanen) moet duidelijk maken of het herstel in het Infiltratiegebied en op het Rozenwaterveld ook verder doorzet en of sprake is van een kortstondig of duurzaam herstel. Gezien de langzame ontwikkeling van de vegetatie (m.n. in het Infiltratiegebied) wordt aanbevolen de monitoring met een interval van maximaal twee jaar voort te zetten tot en met 2008, waarna de eindevaluatie wordt uitgevoerd.

Literatuur

- Anonymus, 1999. SPSS Base 9.0 Applications Guide. SPSS Inc., Chicago.
- Arsenault, R. & N. Owen-Smith, 2002. Facilitation versus competition in grazing herbivore assemblages. *Oikos* 97: 313-318.
- Bankert, D., K.C.G. in 't Groen & S.E. van Wieren, 2003. A review of the transect method by comparing it with three other counting methods to estimate rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) density. *Lutra* 46: 27-34.
- Bekker, R.M. & Y. de Vries, 2001. Zaadvoorraad van vaatplanten in zes verdroogde en verruigde valleien in de Amsterdamse Waterleidingduinen. Rijksuniversiteit Groningen & Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
- Bink, F., 1992. Ecologische Atlas van de Dagvlinders van Noordwest-Europa. Schuyt & Co, Haarlem.
- Boer, P. & J. Noordijk, 2005. Het effect van chopperen van kraaiheiden op de bodemfauna op Texel. Staatsbosbeheer, Texel.
- Bruin, C., 2004. Chopperen in de Texelse Duinen. Tussen Duin & Dijk 3: 8-10.
- Geelen, L.H.W.T. (eindredactie), 2001. Struinen in de toekomst. Beheersvisie voor de Amsterdamse Waterleidingduinen, 2001-2010. Gemeentewaterleidingen, Amsterdam.
- Giesen, Th. & Geurts, 2003. Onderzoek aan bodem en biomassa na de chopperproef in de Amsterdamse Waterleidingduinen 2003. Giesen & Geurts, Ulft.
- Green, R.N., R.L. Trowbridge & K. Klinka, 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science Monograph*, 29.
- Hootsmans, M.J.M. (eindredactie), 2002. Van zeereep tot binnenduin. Flora, fauna en beheer in de Amsterdamse Waterleidingduinen, 1990-2000. Gemeentewaterleidingen, Amsterdam.
- Kleukers, R.M.J.C., E.J. van Nieukerken, B. Odé, L.P.M. Willemse & W.K.R.E. van Wingerden, 1997. De sprinkhanen en krekels van Nederland (Orthoptera) - Nederlandse Fauna 1. Nationaal Natuurhistorisch Museum, KNNV-Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden.
- Koning, M. & H.J. Koning-van Vuuren, 2004. Loopkevers en overige bodemfauna 2003. Verslag loopkeveronderzoek in de Amsterdamse Waterleidingduinen. Waterleidingbedrijf, Amsterdam.
- Kooijman, A.M., A.P. Grootjans, M. van Til & E. van der Spek, 2004. Aantasting in droge en natte duinen: dezelfde oorzaken, verschillende gevolgen? In: Duinen, G.J. van et al. (eds) Duurzaam natuurherstel voor behoud van de biodiversiteit. 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Expertisecentrum LNV, Ede.

- Kooijman, A.M., M. Besse & R. Haak, 2005. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Eindrapport fase 2. Directie Kennis, Ministerie van LNV.
- Lepš, J. & P. Šmilauer, 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. University Press, Cambridge.
- Londo, G., 1975. De decimale schaal voor vegetatiekundige opnamen van permanente kwadraten. *Gorteria* 7: 101-106.
- Malo, J.E. & F. Suarez, 1996. New insights into pasture diversity : the consequences of seed dispersal in herbivore dung. *Biodiversity Letters* 3: 54-57.
- Meijden, R. van der, B. Odé, C.L.G. Groen, J.-P.M. Witte & D. Bal, 2000. Bedreigde en kwetsbare vaatplanten in Nederland. Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. *Gorteria* 26: 85-208.
- Meulen, F. van der, A.M. Kooijman, M.A.C. Veer & J.H. van Boxel, 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Eindrapport fase 1: 1991-1995. Universiteit van Amsterdam.
- Mourik, J. & M. Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, 2005. Duinvlinders. Op vleugels van parelmoer door Zuid-Kennemerland. KNNV-Uitgeverij, Utrecht.
- Odé, B., G.O. Keijl & G. van Ommering. Bedreigde en kwetsbare sprinkhanen en krekels in Nederland. IKC Natuurbeheer, Ministerie van LNV, Wageningen.
- Ommering, G., I. van Halder, C.A.M. van Swaay & I. Wynhoff, 1995. Bedreigde en kwetsbare dagvlinders in Nederland. Toelichting op de Rode Lijst. IKC Natuurbeheer, Wageningen.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda, 1996. *De Vegetatie van Nederland 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden*. Opulus Press, Uppsala., 1995.
- Thompson, K. J.P. Bakker & R.M. Bekker, 1997. *Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density and Longevity*. University Press, Cambridge.
- Til, M. van & J. Mourik, 1999. Hiëroglfen van het zand. Vegetatie en landschap van de Amsterdamse Waterleidingduinen. Gemeentewaterleidingen, Amsterdam.
- Til, M. van, P. Ketner, S.F. Boersma & L.H.W.T. Geelen, 1999. De duinen in dynamisch perspectief. *Landschap* 16: 237-249.
- Turin, H., 2000. *De Nederlandse loopkevers, verspreiding en oecologie (Coleoptera: Carabidae)*, Nederlandse fauna deel 3. Nationaal natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV-Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden.
- Turnhout, C. van, S. Stuijzand, M. Nijssen & H. Esselink, 2003. Gevolgen van verzuring, vermesting en verdroging en invloed van herstelbeheer op duinfauna. Expertisecentrum LNV, Ede.
- Wallis de Vries, M.F., 2004. Trends voor de vlinders van Zuid-Kennemerland. De Vlinderstichting, Wageningen.

Bijlage 1 Opnameschaal voor permanente kwadraten (Londo, 1975) met omrekening naar procentuele bedekking

symbool	bedekking	% bedekking
r1	<1%	0,1
r2	1-3%	2
r4	3-5%	4
p1	<1%	0,1
p2	1-3%	2
p4	3-5%	4
a1	<1%	0,5
a2	1-3%	2
a4	3-5%	4
m1	<1%	1
m2	1-3%	2
m4	3-5%	4
1	5-15%	10
2	15-25%	20
3	25-35%	30
4	35-45%	40
5	45-55%	50
6	55-65%	60
7	65-75%	70
8	75-85%	80
9	85-95%	90
10	95-100%	97

Bijlage 2 Ecologische soortengroepen voor bepaling van de vegetatieontwikkeling in duingraslanden (cf. Van der Meijden, 2000)

Vaatplanten

<i>Storingsoorten</i>	
Anchusa officinalis	Gewone ossentong
Convolvulus arvensis	Akkerwinde
Crepis capillaris	Klein streepzaad
Cynoglossum officinale	Veldhondstong
Echium vulgare	Slangenkruid
Oenothera biennis	Middelste teunisbloem
Oenothera erythrosepala	Grote teunisbloem
Verbascum species	Toorts (G)
Verbascum thapsus	Koningskaars
<i>Soorten van verzuurde en verruigde graslanden</i>	
Ammophila arenaria	Helm
Calamagrostis epigejos	Duinriet
Carex arenaria	Zandzegge
Carex hirta	Ruige zegge
Cirsium arvense	Akkerdistel
Cirsium vulgare	Speerdistel
Conyza canadensis	Canadese fijnstraal
Elymus species	Kweek (G)
Elytrigia repens	Kweek
Galium aparine	Kleefkruid
Glechoma hederacea	Hondsdrif
Linaria vulgaris	Vlasbekje
Potentilla reptans	Vijfvingerkruid
Rumex crispus	Krulzuring
Senecio sylvaticus	Boskruiskruid
Sonchus species	Melkdistel (G)
Urtica dioica	Grote brandnetel
<i>Algemene graslandsoorten</i>	
Anthoxanthum odoratum	Gewoon reukgras
Bromus hordeaceus s. hordeaceus	Zachte dravik s.s.
Cerastium fontanum s. vulgare	Gewone hoornbloem
Dactylis glomerata	Kropaar
Elytrigia atherica	Strandkweek
Festuca arenaria	Duinzwenkgras
Festuca rubra	Rood zwenkgras s.s.
Festuca rubra ag. (incl. F. arenaria)	Rood zwenkgras s.l.
Galium mollugo	Glad walstro

Holcus lanatus	Gestreepte witbol
Plantago lanceolata	Smalle weegbree
Poa pratensis	Veldbeemdgras
Senecio vulgaris	Klein kruiskruid
Sonchus arvensis	Akkermelkdistel s.l.
Sonchus asper	Gekroesde melkdistel
Taraxacum sectie Ruderalia	Gewone paardebloemen
Tragopogon pratensis s. pratensis	Gele morgenster
Veronica chamaedrys	Gewone ereprijs
Vicia cracca	Vogelwikke
<i>Soorten van duingraslanden</i>	
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras
Agrostis vinealis	Zandstruisgras
Aira praecox	Vroege haver
Arabidopsis thaliana	Zandraket
Arenaria serpyllifolia	Gewone zandmuur
Asparagus officinalis s. prostratus	Liggende asperge
Botrychium lunaria	Gelobde maanvaren
Cardamine hirsuta	Kleine veldkers
Cerastium arvense	Akkerhoornbloem
Cerastium semidecandrum	Zandhoornbloem
Clinopodium acinos	Kleine steentijm
Corynephorus canescens	Buntgras
Erodium cicutarium s. dunense	Duinreigersbek
Erodium lebelii	Kleverige reigersbek
Erophila verna	Vroegeling
Festuca filiformis	Fijn schapengras
Galium verum	Geel walstro
Geranium molle	Zachte ooievaarsbek
Helictotrichon pubescens	Zachte haver
Hieracium pilosella	Muizenoor
Hieracium umbellatum	Schermhavikskruid
Hypericum perforatum	Sint-Janskruid
Hypochaeris radicata	Gewoon biggenkruid
Koeleria macrantha	Smal fakkeldgras
Lotus corniculatus v. corniculatus	Gewone rolklaver
Luzula campestris	Gewone veldbies
Myosotis ramosissima	Ruw vergeet-mij-nietje
Ononis repens s. repens	Kruipend stalkruid
Phleum arenarium	Zanddoddegras
Picris hieracioides	Echt bitterkruid
Poa angustifolia	Smal beemdgras
Polygala vulgaris	Gewone vleugeltjesbloem s.l.
Rumex acetosella	Schapezuring
Sagina apetala	Tengere vetmuur
Saxifraga tridactylites	Kandelaartje
Sedum acre	Muurpeper
Senecio jacobaea	Jakobskruid s.l.
Stellaria pallida	Duinvogelmuur
Taraxacum sectie Erythrosperma	Zandpaardenbloemen
Teesdalia nudicaulis	Klein tasjeskruid

Thymus pulegioides	Grote tijm
Veronica arvensis	Veldereprijs
Veronica officinalis	Mannetjesereprijs
Vicia lathyroides	Lathyruswikke
Vicia sativa s. nigra	Smalle wikke s.s.
Vicia species	Wikke (G)
Viola canina	Hondsviooltje
Viola curtisii	Duinviooltje
Viola hirta	Ruig viooltje
Viola rupestris	Zandviooltje
<i>Soorten van zomen, struwelen en bossen</i>	
Acer pseudoplatanus	Gewone esdoorn
Bryonia dioica	Heggenrank
Crataegus monogyna	Eenstijlige meidoorn
Epilobium species	Basterdwederik (G)
Euonymus europaeus	Wilde kardinaalsmuts
Fallopia convolvulus	Zwaluw tong
Fallopia dumetorum	Heggen duizendknoop
Fragaria vesca	Bosaardbei
Geranium robertianum	Robertskruid
Hippophae rhamnoides	Duindoorn
Humulus lupulus	Hop
Inula conyzae	Donderkruid
Moehringia trinervia	Drienerfmuur
Myosotis arvensis	Akkervergeet-mij-nietje
Pinus nigra v. nigra	Oostenrijkse den
Polygonatum odoratum	Welriekende salomonszegel
Prunus serotina	Amerikaanse vogelkers
Quercus robur	Zomereik
Rhamnus cathartica	Wegedoorn
Rosa pimpinellifolia	Duinroosje
Rubus caesius	Dauwbraam
Sambucus nigra	Gewone vlier
Teucrium scorodonia	Valse salie
Viola riviniana	Bleeksporig bosviooltje

(Korst)mossen

<i>Soorten van verzuurde en verruigde graslanden</i>	
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos
Hypnum jutlandicum	Heideklauwtjesmos
Plagiomnium affine	Rond boogsterrenmos
Pseudoscleropodium purum	Groot laddermos
Rhynchostegium megapolitanum	Duinsnavelmos
<i>Duingraslandsoorten</i>	
Brachythecium albicans	Bleek dikkopmos
Bryum capillare	Gedraaid knikmos
Ceratodon purpureus	Gewoon purpersteeltje
Cetraria aculeata	Gewoon kraakloof

Cladina arbuscula	Gebogen rendiermos
Cladina portentosa	Open rendiermos
Cladonia fimbriata	Kopjes-bekermos
Cladonia foliacea	Elandgeweimos
Cladonia furcata	Gevorkt heidestaartje
Cladonia grayi	Bruin bekermos
Cladonia ramulosa	Rafelig bekermos
Cladonia rangiformis	Vals rendiermos
Diploschistes muscorum	Duindaalder
Ditrichum flexicaule	Kalksmaltandmos
Eurhynchium striatum	Geplooid snavelmos
Hypnum cupressiforme s.l. species	Gewoon klauwtjesmos (G)
Hypnum cupressiforme v. lacunosum	Groot klauwtjesmos
Polytrichum juniperinum	Zandhaarmos
Polytrichum piliferum	Ruig haarmos
Racomitrium canescens	Grijze bisschopsmuts
Syntrichia calcicola	Klein duinsterretje
Syntrichia ruralis v. arenicola	Groot duinsterretje
Tortella flavovirens	Duinkronkelbladmos
<i>Soorten van zomen, struwelen en bossen</i>	
Aulacomnium androgynum	Gewoon knopjesmos
Bryum argenteum	Zilvermos
Eurhynchium praelongum	Fijn laddermos
Lophocolea bidentata	Gewoon kantmos
Lophocolea heterophylla	Gedrongen kantmos
Plagiothecium laetum s.l. (incl. P. curvifolium)	Krom platmos

Bijlage 3 Ecologische soortengroepen voor bepaling van de ontwikkeling van dagvlinders in duingraslanden (cf. Wallis de Vries, 2004; Mourik & Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, 2005)

<i>Soorten van open en gesloten duingraslanden</i>	
Aricia agestis	Bruin blauwtje
Issoria lathonia	Kleine parelmoervlinder
Fabriciana niobe	Duinparelmoervlinder
Hipparchia semele	Heivlinder
Coenonympha pamphilus	Hooibeestje
Lycaena phlaeas	Kleine vuurvlinder
Polyommatus icarus	Icarusblauwtje
<i>Soorten van ruigten, voedselrijke graslanden, zomen en struwelen</i>	
Maniola jurtina	Bruin zandoogje
Thymelicus lineola	Zwartsrietdikkopje
Pieris napi	Klein geaderd witje
Pieris rapae	Klein koolwitje
Anthocharis cardamines	Oranjetipje
Gonepteryx rhamni	Citroenvlinder
Vanessa cardui	Distelvlinder
Inachis io	Dagpauwoog
Aglais urticae	Kleine vos
Aphantopus hyperantus	Koevinkje
Lasiommata megera	Argusvlinder

Bijlage 4 Ecologische soortengroepen voor de bepaling van de ontwikkeling van loopkevers in duingraslanden

d = doelsoort voor herstelproject duingrasland

Pioniersoorten

Amara aenea (d)
Amara apricaria
Amara bifrons
Amara curta (d)
Amara lucida (d)
Amara lunicollis (d)
Amara spreta
Broscus cephalotes (d)
Cicindela hybrida
Harpalus servus

Duingraslandsoorten

Amara anthobia (d)
Amara communis
Amara convexior (d)
Amara familiaris
Amara tibialis (d)
Bembidion properans
Bradycellus caucasicus (d)
Calathus ambiguus (d)
Calathus mollis (d)
Harpalus affinis
Harpalus anxius (d)
Harpalus flavescens (d)
Harpalus neglectus (d)
Harpalus pumilus (d)
Harpalus smaragdinus (d)
Harpalus tardus
Masoreus wetterhallii (d)
Notiophilus germinyi (d)
Panagaeus bipustulatus (d)
Pseudoophonus rufipes
Syntomus truncatellus

Algemene soorten

Calathus erratus
Calathus fuscipes
Calathus melanocephalus
Carabus problematicus
Syntomus foveatus
Trechus obtusus

Overige soorten

Acupalpus meridianus
Agonum marginatum
Badister bullatus
Carabus nemoralis
Dimetrias monostigma
Harpalus rubripes
Harpalus xanthopus
Notiophilus palustris
Paradromius linearis
Philorhizus melanocephalus
Poecilus versicolor
Pterostichus melanarius