



Belang van bodemleven bij de aanleg van natuurgras sportvelden

Dr.ir. Joeke Postma

Met medewerking van:

Ben Moonen (Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek)

Els Nijhuis, Rob Pastoor (Plant Research International)





Belang van bodemleven bij de aanleg van natuurgras sportvelden

Dr.ir. Joeke Postma

Met medewerking van:

Ben Moonen (Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek)

Els Nijhuis, Rob Pastoor (Plant Research International)

© 2006 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.plant@wur.nl
Internet : www.plant.wur.nl

Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek

Adres : Postbus 6
: 5120 AA Rijen
Tel. : 06 - 22 52 85 23
Fax : 0161 - 22 25 08
E-mail : info@bsenc.nl
Internet : www.bsenc.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doel van het onderzoek	5
1.3 Aanpak	6
1.4 Opbouw van dit rapport	6
2. Marktanalyse natuurgras sportvelden	9
2.1 Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek	9
2.2 Ontwikkeling in de sportsector	10
2.3 Sporten op gras	12
2.4 Conclusies	16
3. Belang van bodemleven voor plantengroei	17
3.1 Algemeen: definities, hoeveelheden en eigenschappen	17
3.2 De rol van bodemdieren in het bodemecosysteem	19
3.3 Afbraak organische stof en de stikstofcyclus	21
3.4 Fosfaatmobiliserende bacteriën	24
3.5 Mycorrhiza	25
3.6 Schimmelenstofyten	28
3.7 Groeistimulering, plantenhormonen	30
3.8 Bodemweerbaarheid tegen ziektes	30
3.9 Schadelijke bodemorganismen: insecten, aaltjes en schimmels	31
3.10 Synthese	32
4. Aanwezigheid van bodemleven in nieuwe natuurgras sportvelden	37
4.1 Inleiding	37
4.2 Bemonstering en analyses	37
4.3 Resultaten	38
4.4 Conclusies	46
5. Opties voor de verbetering van bodemleven in natuurgras sportvelden	49
5.1 Inleiding	49
5.2 Gangbare beheersmaatregelen in natuurgras sportvelden	49
5.3 Invloed van de wijze van aanleg van sportvelden op het bodemleven	51
5.4 Stimulering van bodemleven door beheersmaatregelen en toe te voegen producten	52
5.5 Mogelijkheden via graszaad	54
5.6 Aanbevelingen ter stimulering van het bodemleven	55
6. Literatuurreferenties	57

pagina

Bijlage I.	Leden Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek (BSenC)	1 p.
Bijlage II.	Geraadpleegde experts	1 p.
Bijlage III.	Namen van de in dit rapport genoemde grassoorten	1 p.
Bijlage IV.	Analyseresultaten van de bemonsterde percelen	1 p.

Voorwoord

Bodemleven is een complex onderdeel van de bodem en is opgebouwd uit vele verschillende groepen organismen. Deze organismen reageren op elkaar, maar ook op het gewas en op de fysische en chemische bodemeigenschappen. Het bodemleven zorgt voor de afbraak van organische materialen in de bodem, waarbij mineralen voor het gewas vrijkomen. Verder heeft het bodemleven invloed op de structuur van de bodem, kan het de grasgroei bevorderen en planten beschermen tegen ziekten en plagen. Ten aanzien van het bodemleven in sportvelden is echter betrekkelijk weinig kennis aanwezig. Welke bodemorganismen bij de aanleg van nieuwe sportvelden aan- of afwezig zijn, en hoe de activiteit van deze organismen gestimuleerd kan worden, is grotendeels onbekend. Dergelijke kennis kan een bijdrage leveren aan de optimalisatie van de aanleg van natuurgras sportvelden en het duurzaam beheren van sportvelden.

Daarom kwam de Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek met de vraag om de kennis t.a.v. het bodemleven, met name de mogelijkheden om via het bodemleven de kwaliteit van grassportvelden te beïnvloeden bij renovatie en aanleg van nieuwe velden, te inventariseren en beschikbaar te maken voor hun leden. Senter/*NOVEM* was bereid om dit onderzoek te subsidiëren vanuit de Subsidieregeling Kennisoverdracht Brancheorganisaties.

Met name het enthousiasme van J. Knol, de efficiënte organisatie door B. Moonen en de communicatie met de Branchevereniging zijn van belang geweest voor het tot stand komen van dit rapport. Daarnaast hebben de volgende personen een steentje bijgedragen door hun kennis input en hun bijdrage aan de discussies: B.E. Remmeling, J. van Krimpen, R. Leurs, E. Weening, A. Wolleswinkel, O. Bos, G. van 't Klooster, M. Timmerman, H. Roelofsen, H. Kool, W. Janssen, C.F.M. Koch, I. Hanssen, S. van Kerckhoven, J. Baar, J.R. van der Schoot, C. Ritsema en T. van Mierlo.

Het gegeven dat weinig mensen zich beseffen dat onder de oppervlakte van een sportveld zich 750 à 1500 kg aan bodemleven bevindt, oftewel een gewicht vergelijkbaar met 11 tot 22 voetballers, maar ook de complexiteit en het belang van het bodemleven voor de groei van een gezond gewas, maken dit onderwerp naar mijn mening zo boeiend. Ik hoop dat door dit rapport ook anderen enthousiast worden over het bodemleven en hun nut voor de groei van sportgras, en dat de kennis en aanbevelingen inspireren tot geoptimaliseerde aanleg en onderhoudsmaatregelen bij sportgras.

Samenvatting

Doelstellingen van het in dit rapport beschreven onderzoek:

- Het in beeld brengen van kennis en informatie over de mogelijkheden om via het bodemleven de kwaliteit van grassportvelden te beïnvloeden, vooral bij renovatie en aanleg van nieuwe velden.
- Het vergroten van de kennis van de leden en andere partijen met betrekking tot dit onderwerp.
- Het stimuleren van de leden tot productinnovaties die uiteindelijk leiden tot betere grassportvelden, en daardoor een vergroting van de bespelingscapaciteit, besparing op ruimte, het gebruik van water en gewas- en beschermingsmiddelen en de kosten van aanleg en onderhoud.

Achtergrond: De eisen die aan natuurgras sportvelden gesteld worden zijn bijzonder hoog: een sterke en dichte, goed afwaterende grasmatt, die intensief bespeeld moet kunnen worden. T.a.v. de optimalisatie van zowel de fysische als de chemische bodemfactoren, d.w.z. textuur, structuur, pH, plantennutriënten, is veel kennis beschikbaar. Echter, over de rol van het bodemleven voor een goede grasgroei bij sportvelden is zeer weinig bekend.

Het onderzoek is uitgevoerd door de kennis beschreven in de literatuur, en de kennis en ervaring aanwezig bij experts te inventariseren. Extra data t.a.v. bodemleven in nieuw aangelegde velden zijn verkregen door de uitvoering van een beperkt aantal analyses, waarvoor additionele financiering gevonden is.

Belangrijkste groepen bodemorganismen, hun functies en hun belang voor sportvelden zijn beschreven en kunnen als volgt worden samengevat:

- Circa 5% van de organische stof van een bodem zit in het bodemleven. Dit komt neer op 750-1500 kg bodemleven per ha in een bodem met 2-4% organische stof. Dit bodemleven voedt zich met organische stof en uitscheidingsproducten van plantenwortels. (paragraaf 3.1)
- Bodemdieren zoals regenwormen, potwormen, springstaarten, mijten, nematoden en protozoën zorgen voor verkleining en vertering van het organisch materiaal in de bodem. Ze spelen zodoende een rol in het kringloop proces, zorgen voor een actief bodemleven, en verbeteren de bodemstructuur. (paragraaf 3.2)
- Bacteriën en schimmels zorgen voor de mineralisatie van de organische stof, waardoor stikstof en andere mineralen voor de plant beschikbaar komen. Er zijn ook bacteriën en schimmels die fosfaat oplosbaar maken, zodat de plant het op kan nemen. (paragraaf 3.3 en 3.4)
- Mycorrhiza is een bijzondere groep schimmels die geassocieerd met planten (inclusief grassen) leven. Zij vergroten het bereik van het wortelstelsel, waardoor de opnamecapaciteit van de plant ten aanzien van mineralen (m.n. fosfaat) en water vergroot wordt. Dit bevordert de concurrentiekracht van de plant. Bovendien verbeteren mycorrhiza net als andere schimmels de bodemstructuur. (paragraaf 3.5)
- Schimmelendofyten komen voor in bepaalde grassen. Zij kunnen planten o.a. toleranter maken voor stress, ze beschermen tegen insectenvraat en nematodenpredatie, met als gevolg een sterker competitievermogen. Helaas komen deze eigenschappen bij de gematigde temperaturen in Nederland niet tot uiting. (paragraaf 3.6)
- Verschillende bacterie- en schimmelsoorten kunnen de groei van planten stimuleren door de productie van enzymen en plantengroeihormonen. (paragraaf 3.7)
- Andere micro-organismen zijn in staat om ziekteverwekkers te onderdrukken. Hiervoor is een diverse en actieve bacterie- en schimmelpopulatie nodig. (paragraaf 3.8)
- Niet gewenste bodemorganismen zijn schadelijke insecten, plantenparasitaire nematoden, en pathogene schimmels. (paragraaf 3.9)

Gegevens uit analyses (hoofdstuk 4)

- De hoeveelheid organische stof was bepalend voor de aantallen en diversiteit van bacteriën en schimmels, de activiteit en de biomassa van het bodemleven. De hoeveelheid lutum had juist een omgekeerd effect. Aantallen, activiteit en biomassa waren in alle gevallen laag in vergelijking met grasweiden met hogere organische stof gehalten.
- De mycorrhizakolonisatie in oudere velden was goed: 60-80% bezetting van de wortels en is vergelijkbaar met grasweiden. De kolonisatie van graswortels en de aanwezigheid van de effectieve structuren nam toe met de

leeftijd van het grasperceel. Compost en organische stof gehalten hadden geen invloed op de mycorrhiza bezetting. In nieuwe velden lijkt de aanwezigheid beïnvloed te worden door de herkomst van de grond: teelaarde met een grashistorie had een hogere mycorrhiza bezetting dan de teelaarde waarop een ander gewas gestaan had (conclusie gebaseerd op slechts enkele velden).

- Eén perceel had sterk afwijkende waarden voor een flink aantal bodemparameters: lage pH, % organisch stof, stikstof, fosfaat en vocht gehalte, en juist opvallend hoge kobalt, zink en ammonium gehalten. Dit ging gepaard met een aantal sterk verlaagde bodemleven parameters: lage aantallen fosfaat mobiliseerders, lage bodem-ademhaling, geringe bacteriële diversiteit en een lage mycorrhizabezetting. Alles wijst erop dat het bodemleven hier niet optimaal functioneert.
- De aantallen streptomyceten waren relatief hoog t.o.v. landbouwgronden.
- Bacteriën die in staat zijn om fosfaat te mobiliseren waren volop aanwezig.
- Nitrificerende bacteriën komen in alle percelen voor, en zijn dus vanaf de aanleg van een grasveld aanwezig. Wel is er een verschil in samenstelling tussen de percelen, waarbij verwacht wordt dat de efficiëntie van de nitrificatie hoger is in de percelen vanaf 1,8 jaar door aanwezigheid van beter aan de bodem aangepaste nitrificeerders.

De kennis t.a.v. bodemleven en sportgrasvelden zoals beschreven in de hoofdstukken 3 en 4, leidt tot de volgende **aanbevelingen ter stimulering van het bodemleven**. (hoofdstuk 5)

- **Milieukundige kwaliteit** van te gebruiken zand of teelaarde laten analyseren, zodat aanvoer van grond met te hoge doses giftige stoffen voorkómen wordt.
- **Teelaarde** in de top laag gebruiken bij aanleg van een volledig nieuw veld. Er kan volstaan worden met 10% van een goede teelaarde, bij voorkeur teelaarde met een grashistorie. Het doel hiervan is nuttige micro-organismen (zoals mycorrhiza) die het bodemleven of de grasgroei stimuleren vroegtijdig te introduceren.
- **Organische stof** in de top laag (12 cm) moet vanuit het oogpunt van een actief bodemleven minimaal 2% zijn.
- **Organische stof** mag zowel van teelaarde als van compost afkomstig zijn. Bij gebruik van **compost** is het belangrijk om een composttype met voldoende stabiele humus te gebruiken. Compost moet voldoen aan het BOOM-besluit, wat ervoor garant staat dat de concentraties zware metalen voldoende laag zijn.
- **Klei en lutum** gehalte in de top laag (12 cm) dienen vanuit het oogpunt van een actief bodemleven minimaal te zijn.
- **Nematodenanalyse**: Bij gebruik van teelaarde is het aan te raden de aanwezigheid van schadelijk nematoden te laten analyseren. Net ingezaaid gras is namelijk veel gevoeliger voor nematodenschade dan een gevestigde mat.
- **Overbemesten voorkomen** door aan te sluiten bij de ondergrens van bemestingsadviezen. Te veel bemesting is veelal ongunstig voor het bodemleven. Bij een hoge P gift, zullen mycorrhiza's zich minder ontwikkelen.
- **Niet te snel stikstof geven**. Hoewel stikstof een mooi groen grasveld geeft, zijn de effecten ondergronds op wortelontwikkeling niet altijd positief. Veel stikstof zorgt ook voor een gevoelig gewas t.a.v. schimmelziekten.
- **Fosfaat** alleen vroeg in voorjaar met een geringe hoeveelheid opneembare P bijbemesten. In de rest van het jaar kunnen, vanwege de hogere temperaturen, bacteriën en mycorrhiza's de in de bodem aanwezige P beschikbaar maken voor de plantenwortels.
- **Middelen ter stimulering van het bodemleven**: Het is moeilijk om een uitspraak te doen over de werkzaamheid van dergelijke middelen. Er is geen garantie dat dergelijke middelen effectief zijn. Bovendien kan de effectiviteit afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden. Het wordt aanbevolen om bij gebruik van dergelijke middelen altijd zelf een controle op effectiviteit in te bouwen (onbehandeld en behandeld vergelijken).

Mogelijkheden via graszaad

- Via de inbreng van endofyten en het coaten of mengen van zaad met nuttige bacteriën en schimmels kan het functioneren van bodemleven in principe worden geoptimaliseerd.
- Veredeling van rassen, priming van zaden en mengen van graszaad met meststoffen of plantengroeihormonen zijn interessante aanvullende maatregelen die kunnen zorgen voor een snellere opkomst en aanslaan van de graszoden.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Sport beoefenen is een belangrijke bezigheid in Nederland. Redenen om te sporten zijn divers: recreatie, ontspanning, beweging. Nog nooit hebben zoveel Nederlanders aan sport gedaan als tegenwoordig. Dit vertaalt zich in vraag naar sportfaciliteiten, zoals grassportvelden.

De eisen die aan natuurgras sportvelden gesteld worden zijn bijzonder hoog: een sterke en dichte, goed afwaterende grasmatt, die intensief gespeeld moet kunnen worden. Bij aanleg en onderhoud van sportvelden moet dan ook aan vele bodemfysische randvoorwaarden voldaan worden. Dit heeft tot gevolg dat de gebruikte bodems voor sportvelden zeer zanderig zijn, en maar een zeer beperkt gehalte aan organische stof en klei bevatten. Optimale grasgroei op deze zanderige bodems wordt, naast technische maatregelen, gereguleerd door toediening van meststoffen. Hiervoor kunnen allerlei kunstmeststoffen gebruikt worden. T.a.v. de optimalisatie van zowel de fysische als de chemische bodemfactoren, d.w.z. textuur, structuur, pH, plantennutriënten, is veel kennis beschikbaar. Echter, over de rol van het bodemleven voor een goede grasgroei bij sportvelden is zeer weinig bekend.

Voor een goede groei van planten speelt bodemleven een heel belangrijke rol. Bacteriën en schimmels kunnen plantengroei stimuleren, plantenziekten tegengaan, en voedingsstoffen uit organische stof beschikbaar maken voor het gewas. Bodemdieren verkleinen het organische materiaal en kunnen doorlatendheid van een bodem vergroten.

Bij de aanleg van natuurgras sportvelden wordt gebruik gemaakt van zand en organische stof waar veelal niet eerder gras op gestaan heeft. Het duurt dan ook meestal enige tijd voordat het gras op een dergelijke aangelegde bodem goed aanslaat en een dichte mat vormt. Bij het in stand houden van grassportvelden worden regelmatig meststoffen en incidenteel gewasbeschermingsmiddelen toegepast. Daarnaast is voor de groei van het gras veel beregeningswater noodzakelijk. Omdat het bodemleven bij aanleg van een sportveld niet optimaal aangepast is aan het gewas, kan management van dit bodemleven in een vroeg stadium net ingezaaid gras mogelijk sneller laten aanslaan. Door stimulering van het bodemleven in nieuwe en bestaande grasmatten wordt de grasmatt mogelijk minder afhankelijk van toediening van meststoffen en beregening.

Voor de leden van de Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek is kwaliteitsverbetering van grassportvelden een belangrijke innovatie. Ook de snelheid waarmee een nieuw aangelegde grasmatt aanslaat en gespeeld kan worden, is belangrijk. Verwacht wordt dat deze kwaliteitsverbetering en het sneller aanslaan van een grasmatt bereikt kan worden door de inzet of stimulering van het bodemleven rond de wortels in de grasmatt.

Over bodemleven in grassportvelden is zeer weinig kennis aanwezig. Er is geen inzicht in welke aspecten van het bodemleven van specifiek belang zijn voor grassportvelden. Ook de mogelijkheden om het bodemleven ten gunste van de kwaliteit van grassportvelden in te zetten is onbekend. De omstandigheden bij het aanleggen van grassportvelden zijn niet vergelijkbaar met landbouwsystemen of natuurontwikkeling, zodat de daar ontwikkelde kennis t.a.v. het belang van bodemleven slechts ten dele toegepast kan worden in grassportvelden.

Om dit kennishiaat te verkleinen, is een SKB kennispositieproject getiteld 'Mogelijkheden om bodemleven te benutten voor de verbetering van de kwaliteit van grassportvelden' ingediend en gehonoreerd bij de Subsidieregeling Kennisoverdracht Brancheorganisaties MKB.

1.2 Doel van het onderzoek

De volgende doelstellingen liggen ten grondslag aan het onderzoek:

- Het in beeld brengen van kennis en informatie over de mogelijkheden om via het bodemleven de kwaliteit van grassportvelden te beïnvloeden, vooral bij renovatie en aanleg van nieuwe velden.

- Het vergroten van de kennis van de leden en andere partijen met betrekking tot dit onderwerp.
- Het stimuleren van de leden tot productinnovaties die uiteindelijk leiden tot betere grassportvelden, en daardoor een vergroting van de bespelingscapaciteit, besparing op ruimte, het gebruik van water en gewas- en beschermingsmiddelen en de kosten van aanleg en onderhoud.

In dit onderzoeksrapport richt zich vooral op het eerste punt: het in beeld brengen van kennis en informatie over bodemleven en de mogelijkheden om via het bodemleven de kwaliteit van grassportvelden te beïnvloeden. Voor het aspect kennisoverdracht, is de verspreiding van dit rapport slechts een van de middelen. De informatie zal in aanvulling van dit rapport ook worden besproken en mondeling worden toegelicht.

1.3 Aanpak

Over bodemleven in grassportvelden is zeer weinig kennis beschikbaar. Zoals staat aangegeven in paragraaf 1.1, zijn de omstandigheden bij het aanleggen van grassportvelden niet vergelijkbaar met landbouwsystemen of natuurontwikkeling, zodat de daar ontwikkelde kennis t.a.v. het belang van bodemleven slechts ten dele toegepast kan worden in grassportvelden.

Voor het verkrijgen en integreren van de gewenste kennis zijn daarom verschillende aanpakken gevolgd:

- Bestaande kennis is vergaard uit literatuuronderzoek. Verschillende databases, zoals web of science, google, scholar.google.com, boeken en rapporten zijn geraadpleegd.
- Er zijn aanvullend gesprekken gevoerd met verschillende deskundigen, zowel op het gebied van grassportvelden als met bodemleven experts.
- Er is contact opgenomen met verschillende bodemanalyse laboratoria.
- Om de bestaande kennis van bodemleven die veelal landbouwsystemen, golfvelden buiten Nederland, of ecologisch beheerde grasterrein betrof, te kunnen interpreteren naar de specifieke situatie in grassportvelden, is een beperkt aantal analyses uitgevoerd naar de karakteristieken van de belangrijkste micro-organismen in grassportvelden van verschillende leeftijd. Hiervoor zijn additionele budgetten gebruikt.
- De kennis uit literatuuronderzoek, uit gesprekken met deskundigen en gegevens uit de analyses zijn vervolgens samengebracht en geïntegreerd, om zodoende de mogelijkheden om via het bodemleven de kwaliteit van grassportvelden te beïnvloeden aan te geven.

Er is veelvuldig overleg geweest tussen de auteur en een werkgroep die in het leven geroepen is door het bestuur van de Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek. Leden van deze werkgroep zijn:

- Dhr. J. Knol, bestuurslid en vertegenwoordiger Grontmij
- Dhr. B.E. Remmelink, vertegenwoordiger Desso DLW
- Dhr. J. van Krimpen, vertegenwoordiger Nootenboom Sport
- Dhr. R. Leurs, vertegenwoordiger van Scotts International
- Dhr. E. Weening, vertegenwoordiger van DCM meststoffen
- Dhr. B. Moonen, Moonen Sport & Leisure (extern adviseur en projectcoördinator)

1.4 Opbouw van dit rapport

Dit onderzoeksrapport bestaat uit een aantal hoofdstukken die heel verschillend van aard zijn. In hoofdstuk 2 komen een interne analyse van de Branchevereniging (2.1), een omschrijving van de ontwikkelingen in de sportsector (2.2) en de situatie t.a.v. sporten op natuurgras (2.3) aan de orde.

In hoofdstuk 3 wordt de bestaande kennis t.a.v. bodemleven in kaart gebracht. Veel informatie is afkomstig van landbouwsystemen, weides of natuurlijk beheerd grasland. Waar mogelijk wordt de informatie toegespitst op natuurgras sportvelden. Verschillende groepen bodemorganismen zoals bacteriën, schimmels, bodemdierpjes komen aan de orde. In een eerste paragraaf worden definities, hoeveelheden en eigenschappen van de verschillende groepen bodemleven gepresenteerd (3.1). Daarna wordt de rol van bodemdierpjes in het bodemecosysteem uitgelegd (3.2). De daaropvolgende paragrafen zijn gerangschikt naar belangrijke functies van het bodemleven zoals afbraak van

organische stof en stikstof kringloop (3.3), fosfaat mobilisatie (3.4), groeistimulering van planten (3.7), bodemweerstand tegen ziektes (3.8), en schadelijke organismen (3.9). In een aantal gevallen worden verschillende functies van één karakteristieke groep bodemorganismen in een aparte paragraaf besproken, zoals Mycorrhiza (3.5) en schimmelenendofyten (3.6). In een samenvattende paragraaf (3.10) wordt een inschatting van het belang van de verschillende groepen micro-organismen of eigenschappen voor de aanleg gras.

Hoofdstuk 4 geeft informatie t.a.v. de aanwezigheid van bodemorganismen en -functies in grassportvelden van verschillende leeftijden, in nieuwe en gerenoveerde velden.

In hoofdstuk 5 wordt alle informatie uit hoofdstuk 3 (belang van organismen en functies) en hoofdstuk 4 (aanwezigheid van organismen en functies) geïntegreerd, om zo de mogelijkheden om bodemleven te stimuleren en/of toe te voegen aan te geven. Dit leidt tot een aantal praktische adviezen voor de aanleg en het beheer van sportvelden.

2. Marktanalyse natuurgras sportvelden

door B. Moonen

2.1 Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek

Achtergrond

In 2002 is de Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek opgericht. De doelstellingen van de branchevereniging zijn het uitwisselen en ontwikkelen van kennis en informatie over de aanleg en het onderhoud van natuurgras sportvelden en gelieerde producten (zoals graszaden en meststoffen) en de behartiging van de gezamenlijke belangen van de leden. Beoogd wordt dat het lidmaatschap van de branchevereniging door de markt (h)erkend wordt als een kwaliteitslabel. Inmiddels telt de branchevereniging 37 leden (zie Bijlage I).

Het bindende element tussen de leden is de betrokkenheid bij de aanleg en/of het onderhoud van natuurgras sportvelden. Naar schatting zijn er in Nederland ongeveer 10.000 van dergelijke sportvelden, waarvan veruit de meeste gebruikt worden voor de voetbalsport. Hoewel er de laatste tijd veel aandacht is voor het toepassen van kunstgras voor sportbeoefening zal, zeker wat betreft de voetbalsport, natuurgras de norm blijven. Het is derhalve van belang om voldoende aandacht te blijven houden voor productinnovatie bij natuurgras.

Op de ledenvergadering van 11 oktober 2002 heeft een eerste discussie plaatsgevonden over prioritaire onderzoeksonderwerpen. De vergadering heeft daarbij unaniem gekozen voor het onderzoek naar het effect van bodemleven op natuurgras sportvelden.

Motivering en doelen

Uit diverse overleggen is gebleken dat binnen de branchevereniging veel kennis bestaat over bodemleven. Echter, veel kennis is opgedaan door dagelijkse ervaring met de aanleg en het onderhoud van natuurgras sportvelden en niet zozeer door het uitvoeren van fundamenteel onderzoek. Er bestaat grote behoefte om de beschikbare kennis te toetsen en nieuwe kennis beschikbaar en hanteerbaar te maken.

Verwacht wordt dat kennis wordt aangereikt over de mogelijkheden om, door de inzet of stimulering van bodemleven, de kwaliteit van natuurgras sportvelden te verbeteren. Door het vergroten van de kennis, verwacht de branchevereniging de leden te stimuleren tot productinnovaties welke uiteindelijk kunnen leiden tot:

- een verkorting van de realisatieperiode van nieuwe grasmatten, omdat grassen sneller en beter 'aanslaan';
- een verlenging van de levensduur omdat grassen sterker zijn en meer bestand tegen bepaalde ziektebeelden. Vanuit sporttechnisch oogpunt betekent dit een vergroting van de bespeelbaarheid (zowel wat betreft de lengte van de periode in het jaar als het aantal uren dat de grasmatten wekelijks bespeeld kan worden). Uiteindelijk kan dit een besparing in ruimte betekenen;
- een besparing op watergebruik. Door het stimuleren van het bodemleven wordt de grasplant minder afhankelijk van vocht en kan de watergift afnemen. Dit laatste is in verband met de beschikbaarheid van water van groot belang;
- het realiseren van een milieuwinst. Door gebruikmaking van aangepaste microflora kan mogelijk een besparing op meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen gerealiseerd worden;
- een besparing op realisatie- en onderhoudskosten.

2.2 Ontwikkeling in de sportsector

Aanleiding

De afgelopen decennia is de druk op de schaarse (sport)ruimte enorm toegenomen. Bovendien is door veranderingen in sportgedrag het gebruik van de sportvoorzieningen veranderd. Sportvelden worden bijvoorbeeld niet alleen gedurende het wedstrijdseizoen gebruikt door de sportvereniging, ook andere gebruikers (zoals scholen) maken gebruik van de accommodaties, waardoor er ook een vraag is buiten de periode dat de vereniging de accommodatie gebruikt. Dit heeft ook consequenties voor de kwaliteit van grassportvelden. De eisen die aan grassportvelden gesteld worden, zijn bijzonder hoog: sterke en dichte, goed afwaterende grasmatten, die intensief gespeeld moet kunnen worden. Bovendien is de snelheid waarmee een nieuw aangelegde grasmat aanslaat en speelbaar is belangrijk. Voor de leden van de Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek is kwaliteitsverbetering van grassportvelden een belangrijke innovatie.

Een sterke sector in beweging

Sport maakt integraal onderdeel uit van de maatschappij. Daarbij is sport steeds minder een afgebakend terrein en de samen- en wisselwerking met andere sectoren wordt hechter. Dit betekent dat ontwikkelingen in andere maatschappelijke sectoren, ook voor de sport consequenties hebben.

In de Rapportage Sport 2003¹ van het SCP wordt een zeer lezenswaardige beschrijving van de tendensen in de sportsector gegeven. In de subtitel van dit rapport wordt de ontwikkeling van de sport als volgt samengevat: sport wordt vrijblijvender, grootschaliger en commerciëler. Geconstateerd wordt dat de 'vette' jaren -met sterk toenemende ledenaantallen en groeiende budgetten- achter ons liggen. De komende periode zal er in financieel opzicht een stap op de plaats gemaakt worden. Voor het eerst in decennia zal het aantal sportbeoefenaren relatief iets dalen.

Niettemin lijkt sport cultureel gezien de wind in de zeilen te hebben. Algemene trends, zoals vergrijzing en ontgroening, betekenen voor de sport dat (ook) andere doelgroepen dan de jeugd interessant worden. De belangstelling voor het lichamelijke is toegenomen, en daarmee ook de belangstelling voor lichamelijk inspannende activiteiten. Sport lijkt daarnaast tegemoet te komen aan een (groeiende) behoefte aan spanning en avontuur.

Het traditionele sportaanbod is aan verandering onderhevig. Was sport van oudsher het domein van de verenigingen (en uitsluitend jeugd- en wedstrijd sport), tegenwoordig is er een breed scala aan non-profit en commerciële sportaanbieders. Ook de verenigingssport is niet alleen meer jeugd- en wedstrijd sport, ook andere doelgroepen vinden hun weg naar de clubs. De recreatiesport, zowel in georganiseerd als ongeorganiseerd verband, viert hoogtij.

Sportdeelname

De sportdeelname is de afgelopen decennia sterk gegroeid. In de periode 1979 - 1999 steeg het aandeel sporters van 53% naar 65%. De grootste stijgingen deden zich voor bij ouderen (van 8% naar 35%) en bij vrouwen (van 50% naar 65%). Het aantal lidmaatschappen van verenigingen neemt toe terwijl het aantal sportverenigingen afneemt (tot 29.600). Gemiddeld worden verenigingen dus steeds groter. Al sinds 1978 doen zich er in Nederland geen veranderingen voor in de top drie van sporten met de meeste leden. Voetbal staat nog altijd op plaats 1, gevolgd door tennis en gymnastiek².

De grens tussen sport en recreatie wordt steeds vager. Vooral de individueel te beoefenen sporten, zoals golf, fitness en skaten, winnen aan belang.

De toegenomen sportdeelname heeft er ook toe geleid dat de zichtbare, directe bestedingen aan sport van consumenten tussen 1990 en 2000 met de helft is gestegen tot 2,6 miljard euro. Deze groei is hoger dan de groei van de totale consumentenbestedingen in dezelfde periode.

¹ Sociaal Cultureel Planbureau: 'Rapportage Sport 2003', Den Haag 2004.

² NOC*NSF, *Sporters in cijfers*, Arnhem 2002.

Politiek-bestuurlijke ontwikkelingen

De lokale overheid is van oudsher de belangrijkste investeerder in de sport. Alle gemeenten samen investeren jaarlijks ongeveer 900 miljoen in de georganiseerde sport³. Zo'n 90% daarvan komt ten goede aan het realiseren en in stand houden van de sportaccommodaties.

Toch zal de regietaak van de lokale overheid de komende jaren steeds actiever worden ingevuld. Er is een tendens van 'sturen op afstand' naar 'ingrijpen vanuit betrokkenheid'. De regietaak wordt dan niet meer gezien als het invullen van de primaire randvoorwaarden, maar meer en meer als het plegen van interventies vanuit het maatschappelijke belang. Voor het sportbeleid betekent dat een verschuiving van de aandacht van het bouwen en onderhouden van sportaccommodaties naar het actief sturen op maatschappelijke doelen die de gemeente met behulp van sport wil realiseren. In plaats van te reageren op de vraag, zal de gemeente moeten anticiperen op ontwikkelingen en al in een vroeg stadium actie ondernemen. Pro-actief in plaats van reactief.

Een ontwikkeling die vermeldt moet worden is een overheid die zich steeds meer terug trekt en ruimte wil bieden aan het particulier initiatief. De afgelopen decennia heeft een verschuiving plaatsgevonden van een overheid die accommodaties en subsidies beschikbaar stelt, naar een overheid die in toenemende mate reguleert door het uitvaardigen van wetten en regels. Ook het beleid ten aanzien van voorzieningen is voortdurend in beweging. In toenemende mate is sprake van decentralisatie van taken van rijks- naar gemeentelijk niveau en van gemeente naar de particuliere sector. Bovendien vervaagt (zeker ten aanzien van voorzieningen) het onderscheid tussen commerciële en niet-commerciële voorzieningen.

In het kader van de bezuinigingen van het 2^e kabinet Balkenende, heeft het ministerie van VWS bezuinigingen doorgevoerd. Concreet betekent dit dat alle sportbonden hun instellingssubsidie zien verdwijnen. Daarnaast wordt ook op andere subsidies fors bezuinigd. Teruglopende inkomsten vanuit het gemeentefonds zorgen er voor dat ook gemeenten volop aan het bezuinigen zijn.

Sport als middel

De jaren negentig waren jaren van voorspoed, ook voor de sport. De (netto-)uitgaven voor sport van Rijk, provincies en gemeenten tezamen namen in de jaren negentig met 41% toe. In toenemende mate wordt onderkend dat sport en bewegen, al dan niet in verenigingsverband, grote maatschappelijke betekenis heeft. Sport en bewegen heeft invloed op allerlei aspecten van de samenleving. Er ontstaan ook steeds meer dwarsverbanden met andere sectoren zoals welzijn, onderwijs, gezondheidszorg en kinderopvang. Zo leiden actief sporten en bewegen tot gezondheidswinst. Maar ook in de sfeer van welzijn, maatschappelijke participatie, integratie, sociale kwaliteit van de samenleving, leefbaarheid, onderwijs en werkgelegenheid zijn sport en bewegen instrumenten om maatschappelijke doelen te realiseren.

Deze tendens vertaalt zich ook in het voorzieningenniveau. Hier is de trend om multifunctionele accommodaties te bouwen duidelijk waarneembaar. Dit houdt in dat er minder solitaire sporthallen en sportvelden gebouwd worden. In plaats daarvan wordt steeds meer gestreefd naar clusters van een aantal sportvoorzieningen of zelfs naar welzijnsclusters waarbij combinaties ontstaan tussen (bijvoorbeeld) sport, onderwijs, welzijn en zorg. Tussen 1988 en 2000 is het aantal multifunctionele sportzalen in overdekte sportaccommodaties met 31% is toegenomen; het aantal multifunctionele sporthallen nam in dezelfde periode met 23% toe. Deze ontwikkeling van sportaccommodaties sluit aan bij de veranderende vrijetijdsbehoeften van Nederlanders, gericht op meer kwaliteit en meer mogelijkheden tot het combineren van vrijetijdsactiviteiten.

Ruimte voor sport en bewegen

Parallel aan de toegenomen sportdeelname, is ook de vraag naar ruimte voor sport en bewegen toegenomen. Sinds 1979 is er 10.000 hectare aan openlucht sportterreinen bijgekomen. Bij de laatste telling (1996) telde Nederland

³ Sociaal Cultureel Planbureau: *'Rapportage Sport 2002'*, Den Haag 2003.

31.000 hectare sportterreinen. Binnen de Randstad is er beduidend minder grond voor sport beschikbaar dan daarbuiten (gemiddeld 1,6 hectare per 1.000 inwoners, tegen 2,3 buiten de Randstad).

De netto beschikbare ruimte voor sport is de afgelopen jaren kwantitatief én kwalitatief afgenomen⁴. In de binnensteden is bijna geen groene ruimte meer beschikbaar. Wat betreft de situering van sportterreinen is een verschuiving van 'dure' naar 'goedkope' grond te constateren. Vaak worden sportaccommodaties verplaatst van het centrum naar de rand van de stad. De grond die daarmee beschikbaar komt is vaak interessant voor projectontwikkelaars die daarop woningbouw willen realiseren.

Tabel 2.1. Waar in de gemeente bevindt zich de accommodatie?⁵

	% Verenigingen
In het centrum	14
Tussen het centrum en de rand van de bebouwde kom	29
Aan de rand van de bebouwde kom	37
In het buitengebied	20

In het oog moet worden gehouden dat verplaatsing van voorzieningen ten koste kan gaan van het karakter en de leefbaarheid van een wijk of stadsdeel. Door de verplaatsing van sportaccommodaties zijn veel locaties minder toegankelijk en bereikbaar geworden. Voor de georganiseerde sport is tot 2020 een extra ruimtebehoefte berekend van 9.150 ha. De grootste groeibehoefte zit bij hockey (ca. 220 ha), fietsen (ca. 150 ha), paardrijden (ca. 460 ha) en golf (ca. 7800 ha!).

De locatie en bereikbaarheid van sportaccommodaties zijn bepalend voor de sportdeelname door in het bijzonder ouderen, jeugd en allochtonen. Laagdrempelige voorzieningen in de directe woonomgeving zijn nodig om deze Nederlanders aan het sporten te krijgen en te houden. NOC*NSF hanteert als streefwaarde: reserveer 400 m² groen/blauw per (nieuwe) woning binnen 5 km van deze woning. Deze streefwaarde zou bij voorkeur ook bij de renovatie van oude stadswijken moeten worden gehanteerd. Voor nieuwbouwwijken dient een minimaal gelijkwaardige verhouding (1 op 1) te gelden tussen enerzijds openbaar groen/blauw, buiten- en binnensportaccommodaties en speelvoorzieningen en anderzijds woningen, bedrijfs- en niet sportgerelateerde infrastructuur.

Uitgerekend is dat, ondanks realisatie van strategische groenprojecten, het al bestaande tekort aan 'groene' sportruimte de komende jaren zal oplopen. Om dit tekort weg te werken zou 330.000 ha agrarisch gebied opgewaardeerd of aangepast moeten worden.

2.3 Sporten op gras

Eisen aan natuurgras sportvelden

Natuurgras is van oudsher dé ondergrond voor buitensport. Nog steeds vindt de meeste buitensport plaats op natuurgras. Voor natuurgras sportvelden is het van groot belang dat de grasvegetatie een stevige, dichte en vlakke zode vormt die ook het bespelen in de winter goed verdraagt. In Nederland worden de meeste grassportvelden het hele jaar door bespeeld met een onderbreking in de zomermaanden (door vakantie en voor herstelwerkzaamheden van het veld). In ons klimaat is het belangrijk dat velden zowel onder natte als droge terreinomstandigheden goed bespeelbaar moeten zijn. Een veld is goed bespeelbaar wanneer de sport waarvoor het in gebruik is kan worden

⁴ NOC*NSF: 'NOC*NSF vraagt Kamer meer ruimte voor sport en recreatie', persbericht 13 januari 2005.

⁵ W.J.H. Mulierinstituut: 'Sportverenigingen en accommodaties: de stand van zaken in 2004', 2004.

beoefend en de spelers geen verhoogde kans lopen op blessures. Om dit te realiseren moet een veld aan een aantal speltechnische eisen voldoen (zoals eisen ten aanzien van de vlakheid, stroefheid en draagkracht)⁶.

In Nederland worden de sporttechnische normen vastgesteld door de zogenaamde 'Werkgroep 3 natuurgras'. Namens de sportbonden heeft ISA Sport zitting in deze werkgroep, de sport- en cultuurtechnische bedrijven worden vertegenwoordigd door de Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek. In verband zijn de volgende normen van belang:

- ISA-KNVB-2/75, januari 2005;
- ISA-KNBSB-15, april 2004;
- ISA-KNCB-2-15, april 2004;
- ISA-KNKV-2-4, april 2004.

ISA Sport publiceert daarnaast de zogenaamde 'sportvloerenlijsten' waarop sportvloeren en bedrijven vermeld staan die aan de criteria van ISA Sport voldoen. Op de sportvloerenlijst staan de ondergronden die door de betreffende sportbond zijn erkend. Uit onderzoek is gebleken dat sportvloeren voldoen aan de eisen die door de nationale normcommissie zijn gesteld (in dit geval de 'werkgroep 3 natuurgras'). Sportfunctionaliteit, veiligheid, duurzaamheid en kwaliteit staan hierbij centraal⁷. Er zijn aparte sportvloerenlijsten voor trainingsvelden, WeTRa-velden en wedstrijd-velden (categorie A en B).

Ruimte voor natuurgras

Onder andere door de in paragraaf 2.2 benoemde ontwikkelingen is de druk op de schaarse (sport)ruimte enorm toegenomen. Bovendien is door veranderingen in sportgedrag het gebruik van de sportvoorzieningen veranderd. Sportvelden worden bijvoorbeeld niet alleen gedurende het wedstrijdseizoen gebruikt door de sportvereniging, ook andere gebruikers (zoals scholen) maken gebruik van de accommodaties, waardoor er ook een vraag is buiten de periode dat de vereniging de accommodatie gebruikt.

Nederland telt ruim 9.500 natuurgras sportvelden. Uit de onderstaande tabel blijkt dat dit aantal de afgelopen jaren redelijk stabiel was, al zijn er per sporttak afwijkingen te constateren.

Tabel 2.2. Aantallen en typen wedstrijd-velden op onoverdekte sportaccommodaties⁸.

	Voetbal	Hockey	Korfbal	Overig*	TOTAAL
1988	7.320	1.010	960	480	9.770
1991	7.260	1.010	1010	510	9.790
1994	7.090	1.040	990	560	9.680
1997	7.340	850	950	780	9.920
2000	7.110	780	950	830	9.670

* Velden voor honk- en softbal, cricket, kaatsen, e.d.

In het kader van dit onderzoek zijn interviews afgenomen met de KNVB (voetbalbond), de KNHB (hockeybond) en het KNKV (korfbalverbond).

KNVB⁹

De voetbalbond heeft geen gedetailleerd beeld van de accommodaties waarover de circa 2.800 voetbalverenigingen beschikken. Hun inschatting (die aansluit bij de cijfers van het CBS) is dat Nederland ± 7.000 wedstrijd-velden en zo'n

⁶ Minderhout, J.W., Hoogerkamp, M., Dam, J.G.C. van: 'Handboek grasveldkunde en grasveldbeheer', Wapeningen, 1989.

⁷ Website ISA Sport (www.isa-sport.com), februari 2005.

⁸ Website Centraal Bureau voor Statistiek (cijfers 2000).

⁹ Interview dhr. J. Postma, KNVB (29 november 2004).

3.000 trainingsvelden/-hoeken telt. De benodigde capaciteit aan wedstrijdvelden bedraagt $\pm$ 6.000 velden. De verwachting van de KNVB is dat er zeker 5.000 natuurgras wedstrijdvelden zullen blijven bestaan.

KNHB¹⁰

Hockeyverenigingen gebruiken steeds minder natuurgrasvelden. Inmiddels zijn er zo'n 600 kunstgrasvelden.

Onderverdeeld naar type kunstgras:

- Zandingestrooid veld : $\pm$ 550
- Semi-waterveld : $\pm$ 20
- Watervelden : $\pm$ 45

Onduidelijk is in hoeverre de kunstgrasvelden de natuurgrasvelden hebben vervangen.

ISA Sport keurt alle kunstgrasvelden. In het verleden ook de natuurgrasvelden, maar nu nog alleen voor de verenigingen die alleen grasvelden hebben. Dat zijn nog maar vier van de 309 hockeyverenigingen.

Aan de hand van het programma PROOST wordt momenteel door de hockeybond geïnventariseerd hoe de verenigingssituatie is. Hierin wordt ook vastgelegd hoeveel hele grasvelden verenigingen hebben. De halve en kwart veldjes worden niet meegenomen. Uit deze inventarisatie blijkt dat er in Nederland nog zo'n 250 natuurgras sportvelden liggen waarop gehockeyd (kan) wordt(en).

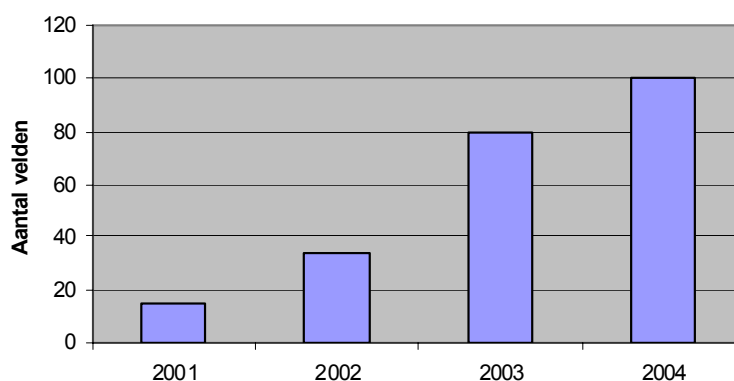
KNKV¹¹

In het algemeen blijkt dat het KNKV over weinig op onderzoek gebaseerd inzicht beschikt betreffende de accommodaties van de clubs. Uit helpdesk blijkt wel dat er veel vragen zijn van verenigingen betreffende de accommodatie. De komende periode krijgt de accommodatieproblematiek meer aandacht.

Het KNKV telt 568 verenigingen. Volgens cijfers van ISA Sport beschikken 200 verenigingen over kunstgrasvelden. Dat zou betekenen dat 368 verenigingen gebruik maakt van natuurgras.

De opkomst van kunstgras

Sinds 1970 wordt er gesport op kunstgras. In de hockeysport, en in mindere mate het korfbal en tennis, is kunstgras tegenwoordig de norm. Op vier clubs na, spelen alle 309 hockeyverenigingen op kunstgras. Een kwart van de 600 korfbalverenigingen speelt op kunstgras¹². Momenteel staat de ontwikkeling van het (rubber ingestrooide) kunstgrasvoetbalveld volop in de picture. In 2001 werden nog slechts 15 van dergelijke velden aangelegd, een jaar later waren dat er al vierendertig. In 2003 was dit verder opgelopen tot ongeveer tachtig velden.



Figuur 2.1. Aantal gerealiseerde kunstgrasvelden in 2001, 2002, 2003 en een schatting van 2004.

¹⁰ Interview mw. C. Mies, KNHB (3 februari 2005).

¹¹ Interview J. Smulders, KNKV (20 januari 2005).

¹² Sport, Bestuur en Management: 'Kunstgras geeft gemeente en vereniging vele mogelijkheden', januari 2004.

Hoewel de KNVB en ook internationale bonden in eerste instantie sceptisch stonden tegenover kunstgras, mogen inmiddels alle amateur-wedstrijden op kunstgras worden afgewerkt (mits de velden gecertificeerd zijn). De Betaald Voetbal Organisatie Heracles heeft dispensatie voor het gebruik van kunstgras op professioneel niveau.

Internationaal hebben de UEFA en FIFA bepaald dat op kunstgras wedstrijden mogen worden gespeeld. Echter, de normen die gehanteerd worden zijn zwaarder dan de KNVB-normen. Geen enkel kunstgrasveld in Nederland (en daarbuiten) voldoet momenteel aan de internationale normen¹³.

Het korfbalverbond onderzoekt in samenwerking met ISA wat de mogelijkheden van rubberingestrooid kunstgras zijn voor de korfbalsport.

Tabel 2.3. Voor- en nadelen van kunstgras in vergelijking met natuurgras

Voordelen ¹⁴	Nadelen
• Een vrijwel onbeperkte gebruiksintensiteit • Wedstrijden en trainingen kunnen op hetzelfde veld plaatsvinden • Velden kunnen onder praktisch alle omstandigheden bespeeld worden • Kunstgras heeft en behoud uniforme speeleigenschappen • De kosten van onderhoud lijken lager (€ 6.000,- t.o.v. € 9.000,- voor natuurgras)	• De aanlegkosten (€ 350.000,- tot € 400.000,-) zijn beduidend hoger dan van een natuurgras sportveld • Kunstgras moet na 10 à 15 jaar vervangen worden (kosten: € 200.000,-). Natuurgras gaat twee maal zo lang mee (vervangingskosten zijn € 40.000,-) • De voetballers⁶ geven de voorkeur aan natuurgras boven kunstgras • Onduidelijkheid of de kwaliteit van kunstgras over een langere periode overeind blijft¹⁵

Tabel 2.4. Bespelingscapaciteit¹²

Type sportveld	Bespelingscapaciteit
Natuurgras wedstrijdveld	250 uur/seizoen*
Natuurgras trainingsveld	400 uur/seizoen*
WeTra-veld (wedstrijd- en trainingsveld)	400, 500 of 800 uur/seizoen*
Specifiek trainingsveld	800 uur/seizoen*
Rubber-infill kunstgrasveld	1000 uur/seizoen*

* Hierbij is steeds uitgegaan van bespeling door 25 senioren op een speelveld.

De KNVB verwacht dat er de komende periode jaarlijks 80 à 100 kunstgrasvelden bij zullen komen.

De toekomstverwachting van het KNKV is dat kunstgras steeds meer de norm wordt en dat het korfbal wat dat betreft de hockeysport achterna gaat. ISA Sport heeft inmiddels een planningsnorm voor korfbal ontwikkeld, die naar verwachting binnenkort wordt vastgesteld.

¹³ Interview dhr. J. de Jong, KNVB (2004).

¹⁴ KNVB: Onderzoeksrapport 'Voetbal en kunstgras', oktober 2002.

¹⁵ Sport, Bestuur en Management: 'Keuze voor kunstgras in aantal gevallen de logische oplossing', september 2003.

2.4 Conclusies

De sport in Nederland heeft de wind mee. Nog nooit hebben zoveel Nederlanders aan sport gedaan als tegenwoordig. Toch staat de sport op enkele terreinen onder druk, zowel wat betreft de ruimtelijke invulling, financiën, milieuaspecten als gebruik.

De druk op de schaarse (sport)ruimte is enorm toegenomen. Bovendien is door veranderingen in sportgedrag het gebruik van de sportvoorzieningen veranderd. Sportvelden worden bijvoorbeeld niet alleen gedurende het wedstrijdseizoen gebruikt door de sportvereniging, ook andere gebruikers (zoals scholen) maken gebruik van de accommodaties, waardoor er ook een vraag is buiten de periode dat de vereniging de accommodatie gebruikt.

Veldsport vindt van oudsher plaats op natuurgras. De opkomst van kunstgras sportvelden betekent dat dit niet langer vanzelfsprekend is. In de hockeysport, en in mindere mate het korfbal en tennis, is kunstgras tegenwoordig de norm. Momenteel staat de ontwikkeling van het kunstgrasvoetbalveld volop in de aandacht. Hoewel het aantal kunstgrasvelden de komende periode zal stijgen, zal voetbal ook de komende jaren in veruit de meeste gevallen gespeeld blijven worden op natuurgras.

3. Belang van bodemleven voor plantengroei

3.1 Algemeen: definities, hoeveelheden en eigenschappen

Definitie

Onder bodemleven wordt alle levende organismen verstaan die in en op bodem voorkomen. De in aantal en in biomassa belangrijkste groepen zijn met het blote oog onzichtbaar: bacteriën, schimmels, protozoën (tezamen de micro-organismen) en de aaltjes (ook wel nematoden genoemd). Daarnaast komen er in de bodem zeer veel kleine insecten (mijten, springstaarten), diverse soorten wormen en slakken en hogere dieren zoals muizen en mollen voor. Ook het levende wortelstelsel van gewassen en vegetaties kan tot het bodemleven gerekend worden (Brussaard *et al.*, 1997).

Algemene gegevens over groepen bodemorganismen en hun populatieomvang

In een biologisch beheerde weide grasland met 11% organische stof kan zo'n 4200 kg/ha aan bodemorganismen voorkomen (equivalent aan 7 koeien) (Tabel 3.1). De 11% organische stof is opgebouwd uit 85% humus, 10% wortels en 5% bodemorganismen (Hendrix, 2000).

Tabel 3.1. Samenstelling van het bodemleven in grasland (weide).

Organisme	Hoeveelheden en kenmerken ¹
Bacteriën	• 3000 kg/ha • 10^7-10^9 kolonievormende eenheden / g grond • vooral op en rond wortels (rhizosfeer) • 5.000 tot 14.000 soorten per gram grond
Schimmels	• 300 kg/ha • 10^5-10^6 kolonievormende eenheden / g grond • 50 meter schimmeldraad / g grond • veel verschillende structuren: diverse soorten sporen en vaak schimmeldraden, sommige soorten grote vruchtlichamen (paddestoelen)
Algen	• 300.000/g grond
Protozoën	• 100 kg/ha • 30.000 / g grond
Nematoden	• 10 kg/ha • 50-100 / g grond
Springstaarten en mijten	• 20 kg/ha • 20.000-50.000/m²
Potwormen	• 50-200 kg/ha • 4000-20.000/m²
Regenwormen	• 400-900 kg/ha • 0-1000/m²

¹ Gegevens t.a.v. biologische beheerd weidegrasland met 11% organische stof (Van Eekeren *et al.*, 2004).

Voedsel voor bodemleven

Bacteriën en schimmels voeden zich voornamelijk met de afbraakproducten van organische stof of van uitscheidingsproducten van de plantenwortels. Schimmels en bacteriën zijn op hun beurt weer voedsel voor de verschillende bodemdieren, zoals protozoën, nematoden, springstaarten, mijten, potwormen en regenwormen.

Omdat bacteriën weer van de uitscheidingsproducten van bodemdieren leven, ontstaat er een kringloop van voedingsstoffen in de bodem. De aanwezigheid van bodemdieren vergroot zo in wezen de activiteit van het totale bodemleven. Bovendien vertegenwoordigt de samenhang in het voedselweb een grotere stabiliteit, veerkracht en herstellend vermogen van het bodemecosysteem.

Tabel 3.2. Effecten van bodemleven op fysische, chemische, biologische bodemeigenschappen.

Fysische eigenschappen

- aggregaatforming: door schimmeldraden, slijmvorming van bacteriën, regenwormen
- vergroting porositeit door bodemdieren, m.n. regenwormen
- verkleining van organisch materiaal door bodemdieren
- verandering van oppervlaktespanning: bacteriën kunnen oppervlakteactieve stoffen produceren (biosurfactants), waardoor bodem minder waterafstotend wordt

Chemische eigenschappen

- invloed op pH
- afbraak organische stof, en dus voor de plant beschikbaar maken van mineralen
- stikstofbinding: Rhizobia (bij leguminosen) en vrijlevende bacteriën
- stikstof kringloop (N-cyclus)
- fosfaat (P) beschikbaar maken: door mycorrhiza en sommige bacteriën

Biologische eigenschappen

- bodemweerbaarheid tegen schadelijke organismen
 - stimulering van de beworteling door de productie van groeihormonen voor planten
 - geïnduceerde resistentie
-

Sportvelden

De totale hoeveelheid bodemorganismen die aanwezig is in sportvelden zal sterk afhangen van de aanwezige hoeveelheid organische stof, omdat dit de nutriënten bevat waarvan bodemorganismen leven. Bij aanleg van sportvelden varieert de organische stof van 2 tot 4%. De organische stof neemt toe met de tijd tot maximaal 6 en 10% op resp. droge en vochtige velden.

Als we naar analogie van de graslandgegevens, de organische stof percentages omrekenen naar bodemleven, dan zou een veld met 2% organische stof zo'n 760 kg bodemorganismen bevatten per ha. Met andere woorden: een veld met 2% organische stof heeft onder de zode een gewicht aan bodemleven dat equivalent is aan 11 personen van 70 kg, oftewel 1 voetbalteam per ha. Een veld met 5% organische stof bevat dus zo'n 1900 kg bodemorganismen, oftewel 2,5 voetbalteams per ha!!

Kanttekeningen bij bovengenoemde schattingen zijn:

- De diepte van de bewortelde zone is van belang voor de hoeveelheid bodemleven per ha.
- Ook wortels scheiden voedingsstoffen uit voor bacteriën en schimmels. Dus bij een laag gehalte aan organische stof, zal de wortelmasse relatief belangrijker worden als voedselbron voor het bodemleven.

In de volgende hoofdstukken zullen de functies van verschillende groepen bodemleven, die belangrijk worden geacht voor de groei en aanleg van sportvelden, meer in detail worden besproken.

3.2 De rol van bodemdieren in het bodemecosysteem

Algemeen

Bodemdieren bestaan er in verschillende soorten en maten. Er zijn verschillende manieren waarop ze bijdragen aan de bodemkwaliteit.

- Ze verkleinen het organische materiaal waardoor nutriënten makkelijker vrijgemaakt kunnen worden.
- Ze prederen op ander bodemleven en zorgen hierdoor voor een kringloop proces, wat een actieve bodem tot gevolg heeft.
- Ze spelen een belangrijke rol bij de verbetering van de bodemstructuur door het creëren van aggregaten.
- Vooral regenwormen verbeteren bovendien de porositeit van de bodem door het maken van poriën.

De verschillende groepen bodemdieren, met hun belangrijkste eigenschappen, worden hieronder van groot naar klein beschreven. Het betreft een samenvatting van informatie uit van Eekeren *et al.* (2003).

Het belang en de functie van diverse bacteriën en schimmels worden in de hierna volgende paragrafen beschreven (paragraaf 3.3 tot 3.8).

Regenwormen

In Nederland komen 18 soorten regenwormen voor, waarvan er 5 het meeste voorkomen onder grasland. Deze soorten zijn in drie groepen in te delen, op basis van hun leefwijze (zie Tabel 4.1)

Strooiselbewoners leven in de bovenste laag van de bodem en komen geregeld boven de grond. Ze kunnen zich snel vermeerderen en zijn beweeglijk om aan de gevaren in de bovenste grondlaag te kunnen ontsnappen. Ze leven van grof, vers organisch materiaal zoals mest en plantenresten. Zo voorkomen zij dat organisch materiaal zich ophoopt, zoals bij vervuiling van de graszode.

Bodembewoners daarentegen, komen niet boven de grond en zijn trager. Zij leven van kleiner en makkelijk verteerbaar organisch materiaal, en eten zich min of meer door de grond. Zo ontstaat vermenging van bodemdeeltjes en ontstaan stabiele humusvormen.

Pendelaars zijn de grootste wormen. Zij leven in verticale gangen en trekken organisch materiaal naar beneden. Door slijmuitscheiding wordt dit materiaal nat en kunnen bacteriën en schimmels erop groeien; een soort voorvertering van het organisch materiaal. Deze verticale gangen bevorderen de afvoer van water en de toevoer van lucht in de ondergrond.

Tabel 3.3. Onderverdeling van regenwormen in 3 groepen.

Groep	Diepte	Voedsel	Hoofdfunctie	Meest voorkomende soorten
Strooiselbewoners	0-20 cm	plantenresten, mest	vertering org. materiaal	<i>Lumbricus rubellus</i>
Bodembewoners	0-40 cm	organische stof	structuurverbeteraar	<i>Aporrectodea caliginosa</i> en <i>Allolobhora chlorotica</i>
Pendelaars	0-300 cm	plantenresten	porositeit, beworteling	<i>Lumbricus terrestris</i>

Regenwormen zijn verantwoordelijk voor:

- De afbraak van organisch materiaal (tegengaan van viltlaag).
- Het beschikbaar maken van nutriënten: in wormuitwerpselen bevindt zich 5 maal meer stikstof en 7 maal meer fosfaat als in de bodem.
- Stabiliteit van de aggregaten.
- Toename van het poriën volume, en verbeterde drainage.

Potwormen

Potwormen, ook wel enchytraeën of *Enchytraeidae* genoemd, zijn kleine 0,5 à 4 cm lange wit gekleurde wormpjes. Ze leven van bacteriën, schimmels en dood organisch materiaal. Ze eten over het algemeen geen levende planten en veroorzaken ook geen gewasschade. De potworm is in zekere zin het kleinere broertje van de regenworm en heeft gedeeltelijk dezelfde rol in de bodem. Potwormen kunnen echter goed leven in situaties waar regenwormen het juist minder goed tegen kunnen: zware en dichte grond, grondbewerking en lage pH. Potwormen komen ook in graslanden met een zeer lage pH van 3,8 voor.

Functionies van de potwormen zijn:

- Afbraak organische materiaal,
- Vermenging van organische stof met gronddelen,
- Verbetering bodemstructuur door aggregaatvorming.

Potwormen kunnen in drie functionele groepen verdeeld worden op basis van het type organisch materiaal waarop ze zich voeden:

- strooisel,
- verder afgebroken organisch materiaal,
- mineraal en ouder organisch materiaal.

Springstaarten en mijten

Springstaarten en mijten voeden zich met schimmels en dood plantmateriaal. Ze komen het meest voor in onbewerkte bodems die het hele jaar door bedekt zijn met plantengroei en strooisel, dus bossen en permanent grasland. Bodembewonende springstaarten zijn onderdeel van de nutriënten kringloop en dragen bij aan humificatie. De aantallen springstaarten nemen af bij hoge bemesting.

Nematoden

Nematoden zijn kleine slanke beestjes (meestal niet langer dan 1 mm), ook wel aaltjes genoemd. Ze voeden zich met bacteriën, schimmels, protozoën, nematoden of plantenwortels. Het merendeel van de nematoden is nuttig, slechts een klein deel voedt zich op plantenwortels. Nematoden vervullen een rol bij het beschikbaar maken van nutriënten, en bij de regulatie van met name bacteriën en schimmels.

Nematoden hebben een waterfilm nodig om zich te verplaatsen. Ook de poriegrootte en het voedselaanbod zijn belangrijk voor de aantallen en typen nematoden die in een bodem kunnen leven.

Protozoën

Protozoën zijn eencellige diertjes die een stuk groter zijn dan bacteriën. Zij hebben een belangrijke rol in het vrijmaken van nutriënten voor de plant door het opeten van bacteriën, schimmels en andere protozoën. Hierbij komen stikstof (in de vorm van ammonium) en fosfor vrij. Omdat de activiteit vlak bij de wortels het hoogst is, komen deze nutriënten vooral in de nabijheid van de wortels vrij.

Protozoën reguleren de populatie van micro-organismen door ze op te eten. Door selectieve predatie en het stimuleren van competitie tussen de micro-organismen, spelen protozoën een rol bij ziektevering tegen bacterie- en schimmelinfecties van planten.

Protozoën hebben voldoende vocht nodig om actief te kunnen zijn. Ze hebben namelijk een vloeistoffilm nodig om zich te bewegen. Bij droogte overleven ze door over te gaan in ruststructuren. Een andere beperkende factor is de poriegrootte tussen bodemdeeltjes.

Belang voor sportvelden

De kleinere bodemdieren, zoals protozoën, nematoden, mijten en springstaarten zijn belangrijk voor het vrijmaken van nutriënten voor de plantengroei. Al deze bodemdieren spelen een rol in de nutriënten kringloop door het opeten van bacteriën en/of schimmels. Ook regenwormen en potwormen stimuleren de bodemactiviteit door vermenging

van gronddeeltjes en afbraak van organisch materiaal. Het totale aantal van deze bodemdieren zal afhangen van de aanwezige hoeveelheid voedsel, dat gerelateerd is aan de hoeveelheid organisch materiaal in een grasveld. Daarom zal de activiteit van bodemdieren bij pas ingezaaid gras met een laag organisch stof gehalte niet zo groot zijn. Doordat deze groepen bodemdieren voorkeur hebben voor verschillende bodemomstandigheden (vochtigheid, type organische stof) zal de verhouding van de verschillende groepen variëren, maar zal hun functie in de nutriënten kringloop altijd wel door één of meer van deze groepen bodemdieren vervuld worden.

Voor de verbetering van de bodemstructuur door aggregaatforming en het tegengaan van vervilting is de aanwezigheid van regenwormen en/of potwormen van groot belang. Regenwormen houden vooral van vochtige grond met een voldoende hoog organische stof gehalte, en een niet te lage pH. Ook bezanden van sportvelden is ongunstig voor de regenwormenpopulatie. Potwormen kunnen echter goed leven in situaties waar regenwormen het juist minder goed tegen kunnen: zware en dichte grond, grondbewerking en lage pH. Potwormen kunnen mogelijk de taak van regenwormen overnemen, zodat bij voldoende activiteit van potwormen de aanwezigheid van regenwormen misschien niet noodzakelijk is. Over het belang van potwormen, en of ze de rol van regenwormen voldoende kunnen overnemen, zijn geen harde gegevens beschikbaar.

Een specifieke eigenschap van bepaalde typen regenwormen is het vergroten van de porositeit van de bodem door het maken verticale gangen (type pendelaars). Regenwormen zullen het moeilijk hebben in sportvelden, maar zijn om verschillende redenen soms ook ongewenst: wormuitwerpselen, vermenging van de verschillende bodemlagen, aantrekken van mollen. Sportvelden zijn vaak in lagen opgebouwd: onderin rijker met een schrale toplaag. Regenwormen doorkruisen deze lagen en zetten daarmee hun uitwerpselen af in de schrale laag. Wanneer dat in een te grote mate gebeurt en/of wormenhoopjes bovenop komen te liggen is dat ongewenst. Een gebruikelijke maatregel als bezanden bestrijdt dit effect veelal prima. Mollen houden niet van trillingen en zullen dus op het grootste deel van een regelmatig bespeeld sportveld niet te vinden zijn. In minder bespeelde gedeelten van sportvelden (zijanten en hoeken) is de kans groter. Ook is de gunstige eigenschap van regenwormen t.a.v. verticale poriënvorming, bij voldoende porositeit van een sportveld misschien niet strikt noodzakelijk. Het positieve effect van regenwormen dient dus afgezet te worden tegen de negatieve aspecten.

Diverse van de kleine bodemdieren komen algemeen voor in bodems, en zullen zodoende met teeltaarde worden aangevoerd. Eventuele nadelen van het gebruik van teeltaarde, zoals aanvoer van onkruidzaden en schadelijke nematoden, komt aan de orde in paragraaf 3.9.

3.3 Afbraak organische stof en de stikstofcyclus

Mineralisatie

Plantenwortels kunnen alleen minerale stikstof verbindingen opnemen. Daarom moeten alle organische materialen (zoals organische stof, gewasresten en organische mest) die op en in de bodem terecht komen eerst afgebroken worden door het bodemleven. Dit gebeurt op verschillende niveaus. In de vorige paragraaf is de verkleining van organisch materiaal door bodemdieren ruimschoots aan de orde gekomen. Dit materiaal wordt vervolgens verder afgebroken door micro-organismen zoals bacteriën en schimmels. Hierbij komt ammonium (NH_4^+) vrij. Omzetting van organische gebonden stikstof naar NH_4^+ heet mineralisatie.

Het stikstofleverend vermogen van de bodem varieert van 100-500 kg N/ha bij graslanden (veehouderij). Circa 2% van de totale hoeveelheid organisch gebonden stikstof komt vrij per jaar door mineralisatie. De werkelijke mineralisatie is echter afhankelijk van temperatuur, vochtvoorziening, zuurstofvoorziening en lutum gehalte (Alexander, 1977). Bij sportvelden is het stikstofleverend vermogen van de bodem veel lager, alleen al omdat het gehalte organische stof lager is. Op ca 70% van de sportvelden is het stikstof leverend vermogen van de bodem 10-90 kg N/ha, met 20-45 als meest voorkomend (mededeling Jan Rinze van der Schoot). Daarnaast treedt er mineralisatie van de jonge grasresten op (150 kg N/ha), waardoor de totale mineralisatie op 185 kg N/ha gesteld kan worden (Minderhoud e.a., 1989). Ook hier geldt dat de werkelijke stikstof levering afhangt van factoren zoals temperatuur, vocht, etc., met als gevolg dat de relatie tussen het gehalte organische stof en stikstoflevering niet erg goed is.

Mineralisatie van de organische stof wordt bovendien beïnvloed door de aanwezigheid van klei- en siltdeeltjes ($< 50 \mu\text{m}$). Doordat deze deeltjes de organische stof afschermen, zal de organische stof langzamer mineraliseren (Hassink, 1995). Dit betekent ook dat het percentage organische stof in de bodem een hoger evenwichtspercentage bereikt in aanwezigheid van klei en silt.

Het bodemleven dat voor de mineralisatie verantwoordelijk is, is zeer divers. Diverse groepen bodemdierpjes zorgen voor het verkleinen van de organische deeltjes, terwijl een grote diversiteit aan bacteriën en schimmels de organische stikstof kan omzetten in ammonium.

Nitrificatie

Nitrificatie is de omzetting van NH_4^+ naar NO_3^- en heet ook wel ammoniumoxidatie. Voor dit proces zijn specifieke bacteriën nodig. Slechts een zeer beperkt aantal bacteriën zorgt voor deze omzetting. *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira* en *Nitrosolobus* zorgen voor de omzetting van NH_4^+ naar NO_2^- , vervolgens is *Nitrobacter* verantwoordelijk voor de omzetting naar NO_3^- . Deze bacteriën zijn chemoautotroof, wat betekent dat ze geen koolstofbron gebruiken voor hun energie en niet op normale voedingsbodems groeien. Alleen *Nitrosomonas* en *Nitrobacter* komen frequent voor en zijn hierdoor de belangrijkste nitrificerende organismen. Van beide geslachten is maar 1 soort bekend: *Nitrosomonas europaea* en *Nitrobacter winogradskyi*. Aantallen van deze bacteriën variëren van 0 tot 10^6 per g grond. Wel is het zo dat beide typen bacteriën meestal samen voorkomen (Alexander, 1977). Het betreft in alle gevallen zeer langzaam groeiende bacteriën.

De omzetting door deze bacteriën is sterk afhankelijk van omgevingsfactoren, zoals pH, temperatuur, zuurstof. Bij $\text{pH} < 6$ wordt de nitrificatie duidelijk geremd, terwijl de nitrificatie gering is bij $\text{pH} < 5$. Nitrificatie treedt amper meer op bij temperaturen lager dan 5 en hoger dan 40°C . Bovendien wordt nitrificatie bij weinig zuurstof sterk geremd, bijvoorbeeld in compacte bodems en slecht geaëreerde bodems (te nat). Ook kan een te hoog zoutgehalte nitrificatie remmen. Er is echter wel enige variatie in de effecten van de omgevingsfactoren op de bacteriën, als gevolg van genetische variatie tussen de bacteriën. Zo lijkt het of er aan lage pH aangepaste stammen bestaan (Alexander, 1977).

Er is ook heterotrofe nitrificatie mogelijk door verschillende bacteriën en schimmels. Dit is echter energetisch een zeer inefficiënt proces, en het is niet bekend of dit proces wel een significante bijdrage levert aan de omzetting van ammonium naar nitraat.

Stikstofverlies

Verlies van stikstof treedt op als gevolg van denitrificatie (NO_3^- wordt omgezet in gasvormige moleculen NO_2 , N_2O of N_2), maar kan ook uitspoelen of tijdelijk vastgelegd worden door micro-organismen. Denitrificatie treedt vooral op onder anaërobe condities (te compacte grond, te nat) en hoge concentraties NO_3^- . Uitspoeling van NO_3^- treedt vooral op in zanderige bodems (bijna altijd het geval bij sportvelden) bij veel neerslag. Vastlegging door micro-organismen is slechts van tijdelijke aard. Ammonium kan bij hoge pH (> 7) vervluchtigen doordat NH_3 gevormd wordt.

Stikstoffixerende bacteriën

Bacteriën kunnen stikstof uit de lucht binden, zodat het beschikbaar komt voor de plant. Bacteriën met deze eigenschap komen ofwel (1) als vrijlevende bacteriën in de bodem voor, ofwel (2) in nauwe associatie met de plant, ofwel (3) als endofytische bacteriën in de plant.

Er is een heel scala aan vrijlevende stikstof bindende micro-organismen in de bodem bekend. Dezen komen in de volgende groepen voor: (Alexander, 1977)

- Aërobe bacteriën: *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Azomonas*, *Derrxia*, *Methylomonas*, *Mycobacterium*, *Spirillum*.
- Facultatief anaërobe bacteriën: *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsiella*.
- Anaërobe bacteriën: *Clostridium*, *Desulfotomaculum*, *Desulfovibrio*.

- Fotosynthetische bacteriën: *Rhodomicrbium*, *Rhodopseudomonas*, *Rhodospirillum*, *Chromatium*, *Ectothiorhodospira*, *Chlorobium*.
- Blauwgroene algen: diverse soorten.

Het best onderzocht is *Azotobacter*. Hun optimum temperatuur is 30 °C. Blauwgroene algen komen ook wel in goed gedraineerde gronden voor. Ze fixeren vooral stikstof in aanwezigheid van licht, en zijn dus alleen in bovenlaag van een bodem van belang. Deze organismen worden in rijstvelden bewust aangeënt, omdat hier volop licht en water aanwezig is. Er wordt zo'n 4-10 kg/ha/jaar aan stikstof gebonden door deze vrijlevende bacteriën. In sommige situaties kan de stikstofbinding 20-50 kg/ha/jaar bedragen, maar bij dergelijke hoge waarden zijn algen verantwoordelijk.

Stikstof binding door bacteriën in nauwe associatie met plantenwortels in zogenoemde wortelknolletjes, bijvoorbeeld door *Rhizobium* sp. in combinatie met klavers, kan 300-400 kg stikstof /ha/jaar gebonden worden.

Er bestaan ook bacteriën die in de plant leven (endofyten) die gasvormige stikstof omzetten in ammonium. Voorbeelden hiervan zijn *Acetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum*., *Azoarcus*. en *Burkholderia* soorten. Het is aangetoond dat zij de binnenkant van suikerriet, rijst, granen, Kallar grass (*Leptochloa fusca*) en andere grassen kunnen koloniseren (Reis *et al.*, 2000; Hurek & Reinhold-Hurek, 2003).

Stikstofbinding door endofytische bacteriën in de plant is nog niet zo lang bekend. Mogelijk dat daarom de gegevens t.a.v. de hoeveelheid gebonden stikstof in verschillende veldsituaties nog niet zo eenduidig zijn. Voor rijst wordt wel aangegeven dat 25% van de stikstof in de plant door een bacterie uit de lucht was gebonden. De stikstofbinding kan variëren tussen 16 en 70 kg N/ha/jaar (Dobbelaere *et al.*, 2003).

Stikstofbalans

In Nederland valt er 30-70 kg N/ha/jaar uit de lucht, zgn. depositie. Dit is het gevolg van emissie uit industrie, verkeer en landbouw. De andere vormen van stikstofaanvoer zijn in de vorige alinea's beschreven.

Bij afvoer van het maaisel, moet met een verlies van ca. 80 kg N/ha/jaar worden gerekend waarvoor gecompenseerd moet worden (Minderhoud e.a., 1989).

De stikstofbehoefte van een nieuw ingezaaid veld met een humusarme toplaag is zo'n 210 kg N/ha/jaar; vastlegging in organische stof is dan nog hoog, terwijl de opname door gras en N-levering uit de organische stof nog laag zijn. Bij oudere velden is de stikstofbehoefte veel lager omdat de vastlegging lager en de mineralisatie hoger zijn.

Tabel 3.4. Globale stikstofbalans van Nederlandse sportvelden in kg/ha/jaar.

Aanvoer	kg/ha/jaar	Afvoer	kg/ha/jaar
Depositie	30-70	Uitspoeling	125 (situatie afhankelijk)
Fixatie	4-10	Vervluchtiging	20 (situatie afhankelijk)
Mineralisatie oude org. stof	35	Opname door gras	200
Mineralisatie jonge org. stof	150	Vastlegging	100 (van tijdelijke aard)
Bemesting jong grasveld	200	Afvoer maaisel	80
Bemesting ouder grasveld	100-200		

Gegevens afkomstig uit Minderhoud e.a., 1989.

Belang voor sportvelden

Grassen nemen stikstof op in de vorm van NH_4^+ en NO_3^- . Echter de meeste stikstof door grassen wordt opgenomen als NO_3^- , a.g.v. de mobiliteit van NO_3^- .

Omgevingsfactoren zoals pH, temperatuur en zuurstof beschikbaarheid beïnvloeden de activiteit van het bodemleven. Ze hebben echter een veel sterkere invloed op de nitrificatie dan op de mineralisatie. Bovendien is er maar een beperkt aantal bacteriesoorten dat voor de nitrificatie zorgt. Deze bacteriën groeien bovendien erg langzaam, wat vooral van belang is bij nieuwe grasvelden waar deze bacteriegroep zich mogelijk nog moet vestigen. Daarmee is de omzetting van NH_4^+ naar NO_3^- een zeer kwetsbaar proces. Dat betekent dat onder ongunstige omstandigheden, of bij beperkte aanwezigheid van nitrificerende bacteriën, de organische stikstof nog wel wordt omgezet in ammonium, maar dat de omzetting naar nitraat sterk geremd wordt.

Nitrificeerders komen in alle soorten milieus voor van water tot sediment tot bodems. In deze verschillende milieus komen echter wel verschillende soorten voor die aangepast zijn aan het betreffende milieu. Waar nitrificeerders in een nieuwe bodem vandaan komen, is niet duidelijk.

Stikstofbinding door vrijlevende bacteriën is verwaarloosbaar t.o.v. de toegepaste bemesting. Stikstofbinding door met plantenwortels geassocieerde bacteriën zoals *Rhizobium*, is wel aanzienlijk. Dergelijke bacteriën associëren niet met grassen, maar wel met klavers. Zolang de aanwezigheid van klavers niet gewenst is in sportvelden, is deze vorm van stikstofbinding oninteressant. Bacteriën in grassen (endofyten) zouden ook stikstof kunnen binden. Hierover is echter niets bekend voor de Nederlandse sportveld grassen.

Stikstofanalyses van de bodem zeggen weinig over de beschikbaarheid van stikstof voor het gewas. Bij een actief bodemleven vindt er een continue omzetting plaats van organische stikstof naar beschikbare minerale stikstof. Er zijn suggesties dat de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ verhouding (Morgan-Venema extract) een interessante maat is voor de kwaliteit van het bodemleven: bij een slecht functionerende microflora zou de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ verhouding hoog zijn. Bij hoge NH_4^+ is er een sterke NO_3^- behoefte van het gewas. Dit kan optreden bij jonge velden en bij velden met slechte structuur (Boogaard, 2002).

3.4 Fosfaatmobiliserende bacteriën

Fosfaat is vooral als moeilijk oplosbare component in de bodem aanwezig, en daardoor moeilijk beschikbaar voor planten. Gras neemt fosfaat vooral op als H_2PO_4^- . Bovendien is de in de bodem aanwezige fosfaat zeer weinig mobiel. De pH heeft een sterke invloed op de oplosbaarheid van fosfaat: bij pH lager dan 5.5 wordt een complex met ijzer of aluminium gevormd, terwijl bij een pH boven de 7.5 calcium complexen ontstaan. Daardoor is fosfaat het best beschikbaar tussen pH 6 en 7.

Er zijn echter vele soorten micro-organismen die fosfaat in oplossing kunnen brengen. Het betreft zowel bacteriën als schimmels: *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Streptomyces*, *Penicillium*, *Sclerotium*, *Fusarium*, *Aspergillus* en diverse andere soorten kunnen fosfaat in oplossing brengen. Uit onderzoek is gebleken dat 10 tot 50% van de geïsoleerde bodemmicro-organismen fosfaat in oplossing kunnen brengen (Alexander, 1977; Dobbelaere *et al.*, 2003). Dat zou betekenen dat zo'n 10^5 à 10^7 micro-organismen per gram grond in staat zijn om fosfaat te mobiliseren.

Veelal worden organische zuren gevormd die de fosfaatverbindingen oplosbaar maken. Deze micro-organismen leven vooral in de directe omgeving van wortels, en kunnen voor een verdubbeling van het schikbare fosfaat voor de plant zorgen. De activiteit van de micro-organismen is afhankelijk van de bodemtemperatuur en de aanwezigheid van voedingsstoffen. Vocht beïnvloedt bovendien de mobiliteit van de fosfaat in oplossing.

Belang voor sportvelden

Zuurgraad van grasbodems kan laag zijn, zodat fosfaat een complex met ijzer of aluminium kan vormen (bij pH lager dan 5.5). Bij nieuw ingezaaid gras, met een nog weinig ontwikkeld wortelstelsel, is extra fosfaat van groot belang. Fosfaat is nodig voor een goede wortelontwikkeling. Een weinig ontwikkeld wortelstelsel heeft echter meer moeite om de beschikbare fosfaat te bereiken. Fosfaat oplossende bacteriën in de bodem of op het wortelstelsel kunnen

mogelijk de beschikbaarheid van fosfaat verhogen. Voor fosfaatmobilisatie door bacteriën is echter een voldoende hoge temperatuur nodig. In het vroege voorjaar zal de rol van bacteriën daarom nog gering zijn.

3.5 Mycorrhiza

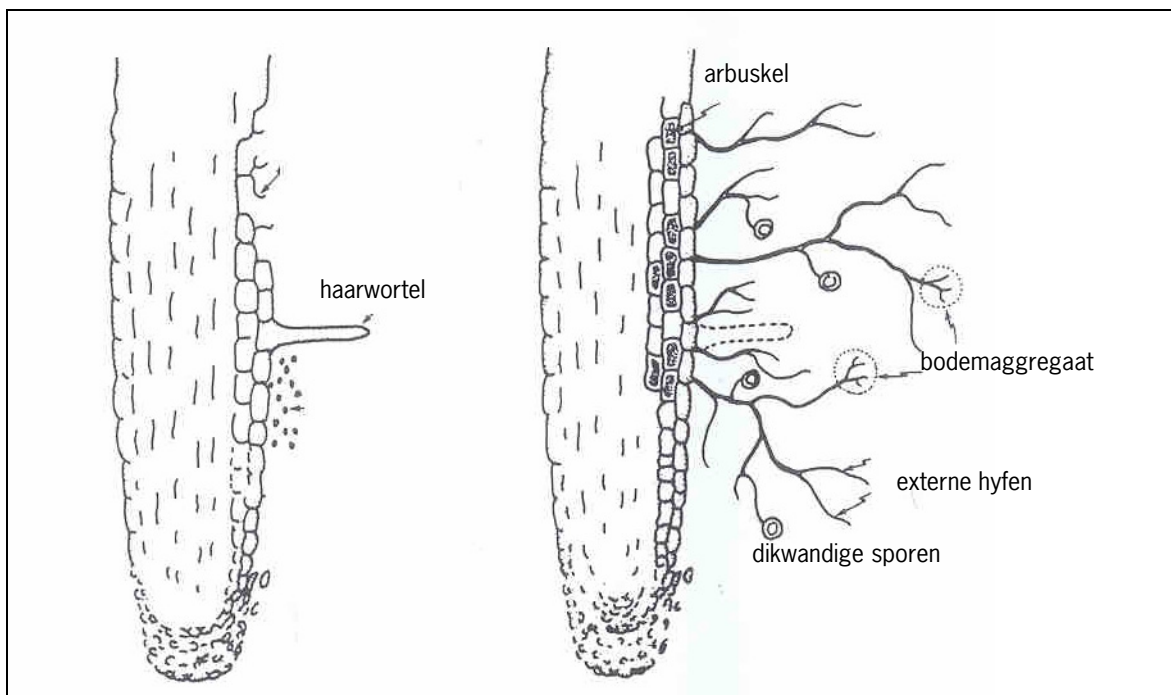
Algemeen

De term mycorrhiza verwijst naar een associatie of symbiose tussen plantenwortels en bodemschimmels. De schimmel groeit in het weefsel van de wortelcortex. De naam mycorrhiza betekent letterlijk schimmelwortel. De associatie houdt in dat er transport plaatsvindt van door de plant geproduceerde koolstofverbindingen naar de schimmel en door de schimmel uit de bodem opgenomen water en nutriënten naar de plantenwortel.

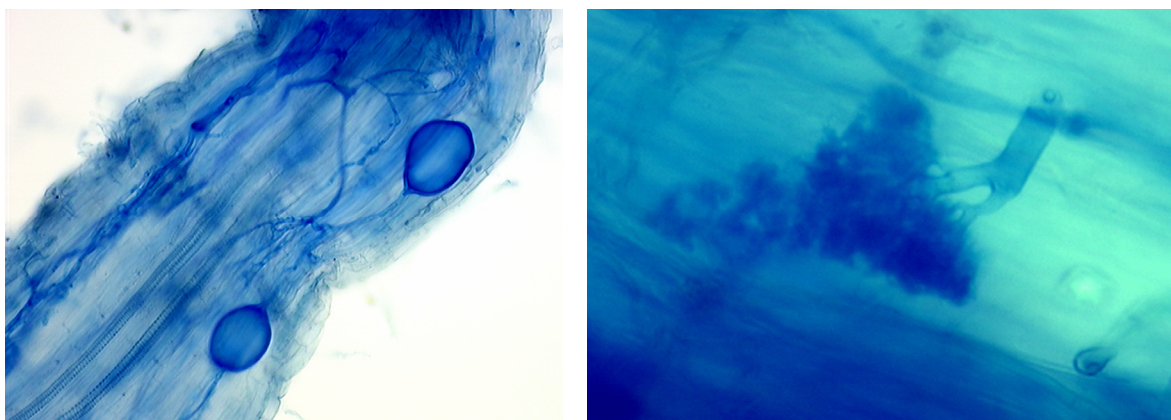
De meest voorkomende mycorrhizae behoren tot de arbusculaire mycorrhizaschimmels. Ze komen voor bij de meeste kruidachtige planten, maar ook bij veel houtachtige planten. De term arbusculair komt van de boomachtige structuren die de schimmels vormen in cortexcellen van plantenwortels. Omdat deze schimmels tot in de cortexcellen groeien, worden ze ook wel endomycorrhiza genoemd. Deze structuren zijn de plaats waar de uitwisseling van nutriënten plaats vindt.

Voorplanten met slecht ontwikkelde wortelsystemen (dikke wortels, weinig vertakkingen en/of wortelharen) profiteren van mycorrhiza of zijn zelfs grotendeels afhankelijk van mycorrhizaschimmels voor nutriëntenopname uit de bodem. Planten met sterk vertakte, dunne wortels met veel en/of lange wortelharen zoals grassen, zijn veel minder afhankelijk van mycorrhizaschimmels voor hun nutriëntenvoorziening. Toch komen mycorrhizaschimmels ook bij deze planten voor, wat wijst op nog andere voordelen van mycorrhizaschimmels, zoals bescherming tegen pathogenen of andere negatieve groeiomstandigheden.

Mycorrhizaschimmels zijn over het algemeen niet erg gastheerspecifiek. Een wortelsysteem wordt vaak door meerdere soorten mycorrhizaschimmels tegelijk gekoloniseerd. Er zijn echter wel grote verschillen tussen mycorrhiza-soorten in de mate van kolonisatie van wortels van bepaalde plantensoorten en in de effecten die ze hebben op nutriëntenopname en plantengroei. Infectie met mycorrhizaschimmels kan onder bepaalde omstandigheden ook negatieve effecten hebben, zoals bij te weinig licht (minder fotosynthese) of te hoge fosfaatbemesting. Dan kost de mycorrhizaschimmel de plant wel energie, maar levert het hem geen voordeel op (Koide & Mosse, 2004).



Figuur 3.1. Schematische weergave van een graswortel zonder (links) en met (rechts) arbusculaire mycorrhiza schimmel (Linderman, 1988)



Figuur 3.2. Arbusculaire mycorrhiza schimmel met visikels (links) en arbuskels (rechts) in cellen van plantenwortels. De arbuskels (boomvormige structuren) zorgen voor de nutriëntenuitwisseling. (J. Baar, PPO-Horst)

Nutriënten- en wateropname

Door het externe netwerk van mycorrhizaschimmeldraden in de bodem wordt de opnamecapaciteit van planten voor nutriënten en water aanzienlijk vergroot en worden plaatsen in de bodem bereikt waar plantenwortels niet kunnen komen. Mycorrhizaschimmels zijn met name belangrijk voor de opname van nutriënten die niet zo mobiel zijn in de grond zoals fosfaat, maar mogelijk ook andere sporenelementen. Mogelijk kunnen mycorrhizaschimmels ook stikstof beschikbaar maken voor de plant, direct door afbraak en opname uit organisch materiaal (Hodge *et al.*, 2001) of indirect door wortelgroei te stimuleren in nutriëntenrijke locaties van de bodem (Hodge *et al.*, 2000).

In de praktijk is het effect van mycorrhiza op planten echter wisselend en afhankelijk van de plantensoort en de mycorrhizasamenstelling (Auge, 2001).

Bodemstructuur

Net als andere bodemschimmels hebben mycorrhizaschimmels door hun netwerk van schimmeldraden in de grond een positief effect op de bodemstructuur. Als gevolg van de stroom van koolstofverbindingen van de plantgasheer naar de mycorrhizaschimmels en de bodem worden micro-organismen in de omgeving van de schimmeldraden gestimuleerd (mycorrhizosfeer). Deze koolstofstroom naar de bodem speelt ook een belangrijke rol bij de opbouw en behoud van bodemstructuur.

Plantenpathogenen

Mycorrhizaschimmels kunnen door hun associatie met planten de schade die wordt veroorzaakt door bodemgebonden pathogenen beperken (Azcon-Aguilar & Barea, 1996). Deze bescherming door mycorrhizaschimmels kan verklaard worden door een aantal verschillende mechanismen:

- competitie tussen mycorrhizaschimmels en pathogenen om koolstofverbindingen afkomstig van de plant,
- competitie om infectie/kolonisatieplaatsen op de wortel tussen mycorrhizaschimmels en pathogenen,
- morfologische veranderingen van de plantenwortel na infectie met mycorrhizaschimmels,
- veranderingen in de samenstelling van de microbiële populatie van mycorrhizosfeer,
- activatie van de verdedigingsmechanismen van de plant,
- compensatie van de aantasting door pathogenen door vergroting van de nutriënten opnamecapaciteit van de plant door mycorrhiza.

Beschreven voorbeelden in de literatuur van bescherming tegen pathogenen bij grassen zijn:

- Inoculatie van zaailingen van een eenjarige grassoort *Vulpia ciliata* met een mycorrhizaschimmel *Glomus sp.* leidde tot bescherming tegen schade veroorzaakt door de pathogene schimmel *Microdochium oxysporum* (Newsham *et al.*, 1995)
- Gedurende een periode van 10 jaar zijn voor 10 golfbanen het aantal *Microdochium nivale* (*Fusarium nivale*) aantastingen per jaar vergeleken met de mate van mycorrhizakolonisatie. Er werd een significant negatieve correlatie gevonden tussen de mate van mycorrhizakolonisatie en het aantal aantastingen van *Microdochium* per jaar (Gange & Case, 2003).

Het vermogen om resistentie of tolerantie tegen een ziekte in de plant te versterken verschilt tussen mycorrhiza-soorten. Bovendien is de bescherming niet effectief tegen alle plantenpathogenen. Bescherming wordt verder beïnvloed door de bodem en andere omgevingsfactoren.

Onkruiden

Er zijn aanwijzingen dat mycorrhiza's straatgras kunnen onderdrukken (Gange *et al.*, 1999). Na het bemonsteren van verschillende greens op drie golfbanen werd op 2 van de 3 golfbanen een significant negatieve correlatie gevonden tussen de kolonisatie van straatgras door mycorrhizaschimmels en het vóórkomen van dit gras. Er was ook een sterke aanwijzing (niet significant) dat het toedienen van mycorrhiza-inoculum het aandeel *P. annua* verminderde in de zode t.o.v. *Agrostis stolonifera* en *Festuca spp.*

Inoculatie bij nieuwe graszoden

Inoculatie met mycorrhizaschimmels leidde bij golfterreinen tot beter aanslaan van gras (*Agrostis palustris* en *A. palustris*). De verschillen waren al zichtbaar binnen 3 weken. Ook daarna was de groeikracht van het geïnoculeerde gras groter dan bij niet geïnoculeerd gras. Het geïnoculeerde gras was ook groener van kleur. Het beste resultaat werd bereikt door regelmatig bemestingen te geven met een laag fosfaatgehalte. Bij te lage of te hoge fosfaatgift werd de groei van het gras niet versterkt door mycorrhiza. Applicatie van pesticiden (Benlate, Aliette, Phalton Diazinon) leidde tot een tijdelijk teniet doen van de positieve effecten door mycorrhiza. Het geïnoculeerde gras was ook beter resistent tegen uitdrogen en herstelde zich sneller na een periode van droogte. (Koske *et al.*, 1995)

Graszaailingen van *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne* sloegen sneller aan na inoculatie met *Glomus intraradices* dan met *Glomus etunicatum*. Het beste resultaat werd bereikt met een lagere inoculum dichtheid. Mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat een te hoog inoculumdichtheid te veel koolstof van de gastheer vraagt en daardoor de groei van het gras remt. (Pelletier & Dionne, 2004)

Het effect van drie mycorrhizasoorten op de vestiging van *Poa pratensis* en *Agrostis stolonifera* is getoetst op een grond met een hoog en een laag P gehalte. Daarnaast zijn twee organische bemestingen en één slow release anorganische bemestingsmix toegepast. Mycorrhizakolonisatie was het hoogst op de grond met een laag fosfaatgehalte. Kolonisatie door mycorrhiza was op *Agrostis stolonifera* bijna twee keer hoger dan op *Poa pratensis*. Er was echter geen effect waarneembaar van de bemestingen of de mycorrhiza-inocula op de groei van de bovengrondse delen van de twee grassoorten. (Podeszinski *et al.*, 2002)

Belang voor sportvelden

De in Nederland gebruikte grassoorten hebben een C3 type fotosynthese. Deze grassoorten worden wel 'cool season grasses' genoemd en kunnen minder goed tegen temperaturen boven de 30 °C. Deze grassen hebben een fijner wortelstelsel en hebben daardoor slechts beperkt voordeel van mycorrhizaschimmels. Dit in tegenstelling tot de 'warm season gewassen' met een C4 fotosynthese, die een grover wortelstelsel hebben.

Gras in Nederland is zwak afhankelijk van mycorrhizaschimmels t.a.v. zijn fosfaatbehoefte, omdat gras van zichzelf een uitgebreid wortelstelsel heeft. Echter, net gekiemd gras heeft slechts een beperkt wortelstelsel. Indien mycorrhizaschimmels zich voldoende snel zouden kunnen ontwikkelen, zouden ze kunnen bijdragen aan fosfaatopname, en ook door vergroting van worteloppervlak aan verbeterde opname van nutriënten. Verbeterde opname van water lijkt niet van belang bij de aanleg van sportvelden, omdat in vochtig seizoen gezaaid wordt om voldoende opkomst van het gras te garanderen.

Bij oudere sportgrasvelden zouden mycorrhizaschimmels wel kunnen bijdragen aan betere opname van vocht en nutriënten in droge perioden, bescherming tegen ziekten en een betere concurrentiepositie tegen onkruiden. Of dergelijke positieve invloeden onder veldomstandigheden een belangrijke verbetering geven, is niet met zekerheid te zeggen.

Het regelmatig (kort) maaien van gras heeft een negatieve invloed op de ontwikkeling van de mycorrhizaschimmels (mededeling J. Baar, PPO-paddestoelen). Na maaien van het gras worden er minder suikers naar de wortels gestuurd, waardoor de mycorrhizaschimmels minder voeding krijgen.

De (negatieve) invloed van herbiciden op mycorrhizaschimmels is waarschijnlijk relatief gering (mededeling J. Baar, PPO-paddestoelen) vanwege hun specifieke werking op planten.

3.6 Schimmelendofyten

Algemeen

Het is reeds vele jaren bekend dat er schimmels zijn die binnen in grassen leven. Deze schimmels zijn in eerste instantie ontdekt a.g.v. hun negatieve effecten: bij droog en zeer heet weer produceerde het gras zoveel toxische stoffen dat het vee er ziek van werd. Het betreft schimmels die hun hele levenscyclus in de plant aanwezig blijven, bijzonder langzaam groeien, en moeilijk te isoleren zijn. Strikt gezien behoren deze schimmels niet tot het bodemleven, omdat ze alleen in de plant voorkomen en overgedragen worden op nieuwe planten via het zaad.

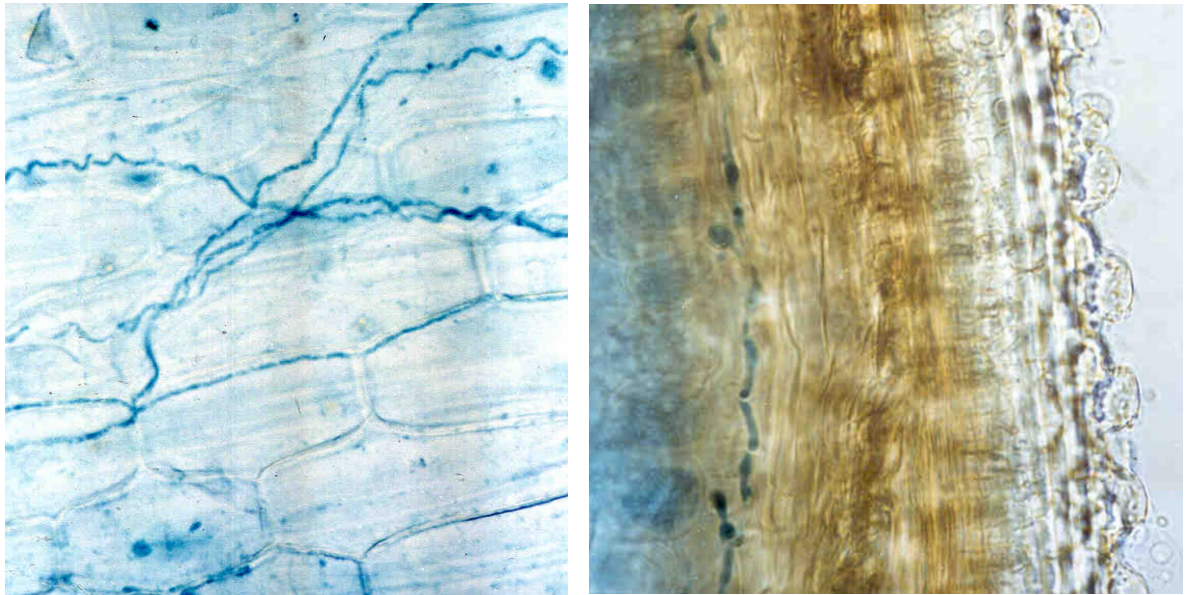
Gunstige effecten

Naast bovengenoemde toxische effecten op vee, hebben deze schimmels ook diverse positieve effecten:

- reductie van vraat door insecten en predatie door nematoden,
- aluminium tolerantie,

- droogte tolerantie,
- betere wateropname door diepere beworteling,
- verhoogde opname van mineralen (vooral fosfaat) door verandering van de wortelchemie,
- sterker competitievermogen t.o.v. andere planten doordat planten sterker zijn.

Het gevolg van deze eigenschappen is dat gras met endofyten zich onder stressomstandigheden beter kan handhaven dan gras zonder endofyten (Malinowski & Belesky, 2000). Ook Rudgers *et al.* (2004) geven aan dat schimmel-endofyten algemeen in grassen voorkomen en belangrijk zijn voor het functioneren van grasgemeenschappen. Echter kwantitatieve gegevens t.a.v. opbrengst van weidegras of behoud van (sport)gazons staan niet vermeld.



Figuur 3.3. Endofytische schimmel (blauw gekleurd) groeit tussen de cellen van engels raaigras (links) en onder de zaadhuid (rechts). (J. Postma, PRI)

Soorten schimmels

Het betreft verschillende schimmelgeslachten, nl. *Atkinsonella*, *Balansia*, *Balansiopsis*, *Echinodothis*, *Epichloë*, *Myriogenospora*, en *Parepichloë*, die voorkomen bij verschillende grassen waaronder engels raaigras, rietzwenkgras (tall fescue), beemd langbloem (meadow fescue) en andere 'cool-season' grassen (Malinowski & Belesky, 2000). De meest voorkomende endofytische schimmel in gras is *Neotyphodium coenophialum*. Deze schimmel behoort tot het geslacht *Epichloë* (dit is de naam voor de geslachtelijke vorm) en werd vroeger *Acremonium* genoemd.

Er zijn ook nog andere groepen endofytische schimmels van gras bekend: *Gliocladium* en *Phialophora*-achtige schimmels. Deze schimmels vormen geen toxische stoffen, maar hebben ook geen effect op tolerantie van het gras voor biotische en abiotische stressfracturen. Daarnaast kunnen er nog andere soorten endofyten in het gras voorkomen, bijvoorbeeld een parasitaire *Acremonium* soort. Hierover werd echter geen eenduidige informatie gegeven.

Toxische stoffen

Het is nu bekend dat deze schimmels alkaloiden produceren die toxisch zijn voor vee. Er zijn echter verschillende metabolieten in het spel. De eerste groep toxinen bestaat uit peramine (een pyrrolopyrazine alkaloid) dat toxisch is voor insecten, maar niet schadelijk is voor zoogdieren. De tweede groep toxinen bestaat uit ergot alkaloiden, dat een neurotoxine is voor zowel zoogdieren als insecten. Tan en Zou geven in hun artikel (2001) een zeer uitgebreid overzicht van een enorme diversiteit aan metabolieten die door endofyten in planten gevormd kunnen worden.

Belang voor sportvelden

Voor in Amerika is er veel onderzoek naar positieve effecten van endofyten in grassen voor golfterreinen. Momenteel probeert men gras-endofyt combinaties te ontwikkelen met een minimale productie aan alkaloiden, maar met behoud van de positieve eigenschappen. Echter, zolang de gras-endofyten nog schadelijke stoffen voor het vee produceren, mag het hooi dat bij de graszaad-productie van rassen die endofyten bevatten niet aan het vee gevoerd worden, maar moet het op andere wijze afgevoerd worden.

Endofyten komen van nature ook voor in grassen in Nederland; 20% kan gekoloniseerd zijn. Dit percentage is te laag om effectief te zijn. Pas bij een kolonisatiegraad van 80% heeft de endofyt effect. In Nederland is er vanaf de 80'eren onderzoek gedaan naar de inbreng en effecten van endofyten in grassen voor gazons (o.a. engels raaigras). Er zijn Engels raaigras rassen geweest, zoals Barrage (Barenbrug), die hoge percentages endofyten bevatten. Uit het onderzoek is echter gebleken dat de temperatuur in Nederland (en andere Europese landen) te laag is om van de beschreven positieve effecten van de endofyten te profiteren (mededeling G. van 't Klooster, Barenbrug). In combinatie met het verbod om het hooi van de graszaad-productie met endofyten als veevoer te gebruiken, zijn er momenteel meer na- dan voordelen aan het gebruik van grassen die extra schimmelendofyten bevatten.

3.7 Groeistimulering, plantenhormonen

Er zijn verschillende bacterie- en schimmelsoorten die enzymen en plantengroei hormonen kunnen produceren, die gunstig zijn voor de plantengroei. Voorbeelden hiervan zijn auxine, gibberelline en cytokinine achtige verbindingen. Voorbeelden van dergelijke micro-organismen zijn: *Fusarium moniliforme*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas* soorten. Deze micro-organismen leven veelal in nauw contact met de plantenwortels (zowel op of in wortels). De reactie van de plant is afhankelijk van de geproduceerde stoffen en hun concentratie. Het kan gaan om versnelde zaadkieming, stimulering van celstrekking, toename van stengel en bladgroei, bloei-inductie, stimulering van wortelgroei en toename van aantallen wortelharen (Dobbelaere *et al.*, 2003; Bottini, 2004).

Belang voor sportvelden

Het zal duidelijk zijn dat niet alle bovengenoemde effecten gunstig zijn voor sportvelden. Vooral stimulering van wortelgroei en aantallen wortelharen zijn interessant voor een goede groei van de grasmat. Zeker bij jonge planten zou dit het ontstaan van een goed doorwortelde grasmat kunnen versnellen.

In welke mate de juiste micro-organismen aanwezig zijn, en of ze een significante rol spelen in sportgrasvelden is onbekend. Ook is niet te zeggen of dergelijke micro-organismen aanwezig zijn bij de aanleg van nieuwe sportvelden. Veel onderzoek naar de effecten van dergelijke micro-organismen is meer gericht op de werkingsmechanismen, dan op effecten in het veld onder natuurlijke omstandigheden.

3.8 Bodemweerbaarheid tegen ziektes

Bij de bespreking van de bodemdieren (paragraaf 3.2) is al ter sprake gekomen dat deze organismen door hun rol in het kringloopproces, de competitie tussen groepen micro-organismen vergroten. Vooral protozoën reguleren de populatie van micro-organismen door ze op te eten. Door specifieke predatie en het stimuleren van competitie tussen micro-organismen, spelen bodemdieren een rol bij ziektevermindering tegen bacteriën en schimmels.

De verschillende mechanismen waarmee antagonistische bacteriën en schimmels pathogene groepsgenoten kunnen tegenwerken zijn:

- concurrentie om voedingsstoffen of om plaats,
- het produceren van stoffen die ziekteverwekkers remmen in hun ontwikkeling (antibiotica, enzymen, oppervlakte verlagende stoffen),
- predatie,
- de plant weerbaarder maken (geïnduceerde resistentie of een soort van immunisatie).

Een belangrijke groep bacteriën in dit verband zijn de Streptomyceten (straalschimmels; dit zijn bacteriën die sporen maken en heel fijn mycelium hebben). Er zijn meerdere studies waarbij de bodemweerbaarheid bleek te correleren met hoge dichtheden van Streptomyceten. Maar ook *Pseudomonas*, *Bacillus*, en vele andere bacteriesoorten spelen een rol in ziektevering. *Trichoderma* spp. is de meest bekende schimmel antagonist. In een bodem met veel verschillende antagonistische bacteriën en schimmels is de kans op ziektevering groter.

Indicatoren voor een goede ziektevering kunnen zijn:

- een hoge activiteit van de microflora,
- een hoge diversiteit van de microflora.

Soms echter, hangt de ziektevering af van specifieke groepen van bacterie- of schimmelsoorten.

Helaas is ziektevering vaak specifiek voor bepaalde ziektes; d.w.z. dat een bodem vaak maar één of een paar ziektes kan onderdrukken, maar dat andere ziektes wel op kunnen treden.

Belang voor sportvelden

Een basisniveau van ziektevering maakt een grasmat minder vatbaar voor bepaalde ziektes. Dat betekent dat als er een ziekte optreedt, de schade beperkt blijft. T.o.v. akkerbouw en siergewassen, zijn sportvelden over het algemeen minder kwetsbaar voor ziektes. Er kunnen ook best wat symptomen getolereerd worden voordat er echt sprake van schade is.

Een goede diversiteit aan bodemleven, de aanwezigheid van mycorrhizaschimmels en antagonistische bacteriën waaronder Streptomyceten, kan zorgen voor een ziektevering bodem.

3.9 Schadelijke bodemorganismen: insecten, aaltjes en schimmels

Insecten

De larven van enkele insectensoorten kunnen in gras schade teweegbrengen. De schadelijkste insecten in sportvelden zijn: emelten (larven van langpootmuggen), engerlingen (larven van kevers) en rouwvlieglarven (Dwarshuis e.a., 1989).

Vooraf jonge grasvelden die niet vaak worden gemaaid, vormen een ideale verblijfplaats voor rouwvlieglarven. Als het maaisel blijft liggen ontstaat er een vochtig laagje rottend organisch materiaal, waarin de vlieg graag de eieren afzet en de larven een goede voedingsbron vinden. De larven voeden zich met verterend organisch materiaal, maar ook met levende plantendelen. De grootste schade ontstaat in het voorjaar als de larven actief zijn terwijl het gras nog weinig groeit. Er ontstaan dan bruine plekken in het gras.

Emelten zijn larven van langpootmuggen (voornamelijk *Tipula*-soorten). Deze insecten leggen hun eieren zeer oppervlakkig in of op de grond, bij voorkeur op beschutte legplaatsen met een los en vochtig bodemoppervlak. Er zijn twee perioden waarin schade kan ontstaan: in de herfst wanneer het lang vochtig en betrekkelijk warm weer blijft, en in april tot mei wanneer de vraat van het vierde larvestadium een maximum bereikt. De vraat kan zowel ondergronds als bovengronds optreden. Een grasveld is voor ei-afzetting minder aantrekkelijk als naarmate het minder vochtig is (goede ontwatering) en naarmate de bovenlaag dichter is (veel betreden en rollen). Wanneer desondanks emelten in een grasveld voorkomen, kan de schade beperkt worden door groeibevordering (bemesting en beregening).

Engerlingen zijn larven van kevers behorende tot de *Scarabaeidae*, onder andere de mei-, juni- en rozekever. De junikever komt het meest voor in Nederland. De kevers leggen hun eieren op 7-15 cm diepte. De larven die hier uitkomen voeden zich met verterend organisch materiaal en met dunne wortels. In de winter kruipen ze dieper de grond in, waarna ze zich in het voorjaar voeden met wortels zo'n 2-3 cm onder het oppervlak. Bij hoge populatiedichtheden, kan de graszode geheel los komen te liggen. Voor het optreden van schade is een voldoende hoge temperatuur tussen maart en oktober nodig. Voor de verplaatsing in de grond van kevers en larven is een losse bodemstructuur nodig. Een dichte zode (rollen) beperkt het ontstaan van schade.

Nematoden

De meeste nematoden (ook wel aaltjes genoemd) leven van bacteriën, schimmels, protozoën en andere nematoden en zijn niet schadelijk voor planten. Ze zijn onderdeel van het bodemvoedselweb (paragraaf 3.2) en helpen bij de vertering van dood organisch materiaal. Er is slechts een beperkte groep nematoden die schade bij planten veroorzaakt. Deze plantenparasitaire nematoden worden ingedeeld in: vrijlevende wortelaaltjes, wortelknobbelaaltjes en cystevormende aaltjes. In Nederland zijn aantastingen bij sportveldgrassen door verschillende aaltjessoorten gevonden (Dwarshuis e.a., 1989). Schade door vrijlevende wortelaaltjes komt het meest voor op lichtere gronden. Schade bestaat uit groeireductie of het maken van toegangspoorten voor schimmelinfecties. Over het algemeen ondervindt een grasveld echter geen ernstige schade door plantenparasitaire nematoden. Alleen bij inzaai van nieuw gras in een bodem waarin zich een dichte populatie nematoden heeft ontwikkeld (grond van een bestaande grasmat), kunnen problemen ontstaan. Bij herinzaai van grond waarop gras gestaan heeft kunnen eventueel aanwezige grote aantallen nematoden zich verplaatsen naar het geringe aantal zich net ontwikkelende wortels, waardoor de ontwikkeling geremd wordt.

Schimmels

Hoewel grassen in principe door diverse schimmels aangetast kunnen worden, zijn er betrekkelijk weinig soorten die echt schadelijk zijn. Bij een lage lichtintensiteit (bewolking en schaduw) is de gevoeligheid voor schimmels groter, omdat dan de groei van het gras geringer en de relatieve luchtvochtigheid in de zode hoger is. Ook overmaat van stikstof kan schimmelziekten in de hand werken, doordat bij welige groei de celwanden dunner zijn en schimmels makkelijker binnendringen.

Het meest bekend is voetrot (oftewel sneeuwschimmel) veroorzaakt door *Gerlachia nivalis* (synoniem: *Fusarium nivale*). Schade kan optreden van de herfst tot het voorjaar onder vochtige omstandigheden, omdat de schimmel ook bij temperaturen tot 0 °C nog groeit. Snel opdrogen van het gras dient bevorderd te worden. Verder bevorderen een hoge pH en stikstofbeschikbaarheid de ontwikkeling van de schimmel. Grassen worden ook door andere Fusarium-soorten geïnfecteerd zoals *F. culmorum* en *F. avenaceum*, welke in de zomer kunnen optreden. Ronde plekken ziekte, veroorzaakt door *Gaeumannomyces graminis*, komt bij nogal wat grassoorten voor in pas aangelegde grasvelden op zandgrond met een hoge pH.

Meer informatie over de verschillende ziekten en plagen kan gevonden worden in het hoofdstuk van Dwarshuis *et al.* in het handboek grasveldkunde en grasveldbeheer van Minderhoud *et al.* (1989).

3.10 Synthese

Hoeveelheid bodemleven

De hoeveelheid bodemleven is in het algemeen afhankelijk van de hoeveelheid beschikbare organische stof in de bodem. De organische stof dient namelijk als voedsel voor bacteriën en schimmels, die vervolgens weer de voedingsbron zijn voor veel andere organismen in de bodem. Dit betekent voor grassportvelden dat de totale hoeveelheid bodemleven betrekkelijk gering zal zijn a.g.v. de lage organische stof gehalten. Een veld met 2% organische stof kan zo'n 760 kg bodemorganismen bevatten per ha (paragraaf 3.1). T.o.v. grasweiden met 4000 kg aan bodemorganismen is dit weinig.

Een andere voedingsbron voor bacteriën en schimmels is afkomstig van plantenwortels: zowel afstervend wortelmateriaal als door de levende wortel uitgescheiden stoffen. Deze voedingsstoffen afkomstig van plantenwortels zal in grasland juist wel relatief omvangrijk zijn, omdat gras een zeer uitgebreid wortelstelsel heeft. Dit betekent dat organismen die afhankelijk zijn van plantenwortels, in dit geval graswortels, wel sterk aanwezig kunnen zijn.

Samenstelling

Het bodemleven is opgebouwd uit vele verschillende groepen organismen. Organismen verschillen in afmeting, hun rol binnen de bodemgemeenschap, hun eigenschappen en hun effecten op de grasgroei, maar ook in hun specificiteit voor gras zijn van groot belang. Er zijn vele vragen te stellen t.a.v. de samenstelling van het bodemleven in sportgrasvelden:

- Welke groepen organismen hebben belangrijke effecten op gras?
- Welke organismen komen voor in net aangelegde sportvelden?
- Welke organismen komen voor in goed functionerende sportvelden?
- Waar komen dergelijke organismen vandaan (uit de grond, het graszaad, de lucht, via mens en dier)?

Bij inzaai van gras kan het zijn dat de bodem wordt samengesteld uit materialen zoals zand en organische stof waar nog nooit gras (of een ander gewas) op gestaan heeft. Dan is het de vraag of de bodemorganismen die sterk afhankelijk zijn van planten, of zelfs van specifieke grassoorten, in deze bodem aanwezig zijn. Zoniet, dan is het van belang om te weten waar deze organismen vandaan kunnen komen; m.a.w. hoe lang duurt het voordat deze organismen zich van buitenaf in het gras vestigen.

Bij gebruik van teelaarde waarop eerder wel gras gegroeid heeft, is er veel meer kans dat grasgerelateerde specifieke organismen al in de grond aanwezig zijn. Deze organismen kunnen zich direct vermeerderen onder de juiste omstandigheden, m.a.w. zodra nieuwe graswortels aanwezig zijn.

In de volgende alinea's en in Tabel 3.5 is vanuit de algemene kennis van bodemorganismen, hun specificiteit en afhankelijkheid van grassen, een inschatting gemaakt of bepaalde organismen wel of niet in pas aangelegde gras-sportvelden aanwezig zullen zijn.

Belang en verwachte aanwezigheid van groepen bodemorganismen

Bodemleven dat belangrijk is voor de afbraak van organische stof, mineralisatie en structuurvorming is nogal algemeen van aard. Het gaat om een zeer breed scala aan soorten schimmels, bacteriën en kleine bodemdieren (mijten, nematoden, protozoën, etc.) die voor deze effecten verantwoordelijk zijn. Deze soorten zijn niet specifiek afhankelijk van graswortels. Het is dus eerder de kwantiteit van dit bodemleven, dan de aanwezigheid van bepaalde soorten die verantwoordelijk is voor voldoende afbraak van organische stof, mineralisatie en structuurvorming. In elke bodem zijn de organismen die voor deze effecten verantwoordelijk zijn aanwezig. Hun aantallen nemen echter toe naarmate er meer organische stof en dood plantenmateriaal voorhanden is.

Regenwormen hebben meer moeite met de omstandigheden in sportgrasvelden. Ze kunnen slecht tegen uitdroging, dichte grond, grondbewerking en een lage pH. Daarnaast hebben ze vrij veel onverteerd organisch materiaal nodig. Dat is in gerenoveerde en nieuwe sportgrasvelden weinig beschikbaar. In oudere velden zorgen afstervende wortels en maaisel mogelijk wel voor voldoende onverteerd organisch materiaal. Hoewel regenwormen niet specifiek afhankelijk zijn van graswortels, zullen ze na aanleg van een nieuw sportveld amper aanwezig zijn omdat ze erg gevoelig zijn voor grondbewerking. Hun rol in de bodem kan echter overgenomen worden door potwormen, die kleiner zijn en juist heel goed gedijen in situaties die ongunstig zijn voor regenwormen (paragraaf 3.2).

Fosfaatmobilisatie wordt verzorgd door veel verschillende soorten bacteriën en schimmels. Verwacht kan worden dat dergelijke organismen in alle bodems aanwezig zijn, ook in nieuw aangelegde sportvelden, maar dat hun hoeveelheid en activiteit afhankelijk is van de omstandigheden. Bij lage temperaturen zijn micro-organismen onvoldoende actief.

Nitrificatie (omzetting NH_4^+ naar NO_3^-) is een belangrijk proces dat slechts door een heel gering aantal soorten bacteriën wordt verzorgd. Of de juiste nitrificerende bacteriën voorkomen in grond waar voorheen geen gras opgestaan heeft, is onbekend (paragraaf 3.3). De kans is groot dat de juiste organismen niet aanwezig zijn bij inzaai van gras op een nieuw sportveld, waar grond gebruikt is zonder een grashistorie. Het betreft bijzonder langzaam groeiende bacteriën, zodat er tijd nodig is om een voldoende grote populatie van de juiste bacteriën op te bouwen.

Aan planten gerelateerde organismen, zoals bacteriën die plantengroeihormonen produceren, mycorrhiza-schimmels en endofytische bacteriën die stikstof binden, hebben door hun afhankelijkheid van planten minder kans om in jong gras op een nieuwe bodem aanwezig te zijn. Ze zullen zich pas kunnen vestigen en vermeerderen als de graswortels zich ontwikkelen. Deze planten gerelateerde organismen kunnen wel vele gunstige effecten hebben op de groei en stressbestendigheid van gras en op de beschikbaarheid van nutriënten.

Endofytische schimmels komen met zekerheid niet voor in de bodem, omdat ze zeer specifiek voor grassoorten zijn, niet vrij in de bodem voorkomen en specifiek in het graszaad ingebracht moeten worden. Deze schimmels zouden planten kunnen beschermen tegen vraat door insecten en parasitering door nematoden. Daarnaast verhogen ze de stresstolerantie van de plant.

Ziektewering is een complex gegeven. Bij voldoende diversiteit en de aanwezigheid van antagonistische organismen wordt een bodem werender tegen bepaalde pathogenen. De grond van een net ingezaaide grasmat op een nieuwe bodem zal nog weinig weerbaar zijn, terwijl van meerjarig gras bekend is dat het een sterke ziektevering kan hebben. Gelukkig is de kans dat er pathogenen aanwezig zijn in een net ingezaaide grasmat op een nieuwe bodem vrij klein. Bij renovatie van een bestaand sportveld kan dit anders liggen. Bij een grote populatie van bijvoorbeeld plantenparasitaire nematoden in de oude grasmat kunnen in de nieuwe inzaai grote problemen ontstaan. De vele nematoden kunnen dan, omdat ze mobiel zijn, met grote aantallen op het geringe aantal nieuwe graswortels van het net gekiemde gras afkomen en zodoende schade veroorzaken.

Een minder belangrijke groep organismen is de vrijlevende stikstoffixeerders, omdat ze slechts relatief geringe hoeveelheden stikstof binden t.o.v. de gebruikte kunstmest giften.

Tabel 3.5. *Verwachte aanwezigheid van verschillende groepen bodemleven in nieuw aangelegde grassportvelden zonder grashistorie.*

Organisme/groep	Eigenschap	Relatief belang	Verwachte aanwezigheid in nieuw grasveld
Diverse bacteriën en schimmels	Bodemstructuur	groot	ja
	Afbraak organische stof	groot	ja
	Mineralisatie	groot	ja
Kleinere bodemdieren (excl. regenwormen)	Verkleining en afbraak organische stof	groot	ja
Regenwormen	Verkleining organische stof	kan ook door andere bodemdieren gedaan worden	nee
	Aggregaten en poriën	onduidelijk	nee
Nitrosomonas, Nitrobacter	Nitrificatie	groot	onbekend
Vrijlevende bacteriën (Azotobacter, algen, etc.)	N-fixatie	klein	onbekend
Diverse bacteriën	P-mobilisatie	groot	ja
Bepaalde bacteriën (<i>Bacillus</i> e.a.)	Plantengroeihormonen	onbekend	onbekend
Endofytische bacteriën	N-fixatie	onbekend	onbekend
Mycorrhizaschimmels	P-mobilisatie	groot	onbekend
	Bescherming, stress tolerantie, bodemstructuur, N-mobilisatie	groot	onbekend
Endofytische schimmels (<i>Neotyphodium</i>)	Stress tolerantie	onbekend	nee
Bepaalde bacteriën en schimmels	Ziektewering	groot	ja
Pathogene schimmels	Aantasting	ongewenst	nee
Emelten	Aantasting	ongewenst	nee
Plant parasitaire nematoden	Aantasting	ongewenst	afhankelijk van voorgeschiedenis

4. Aanwezigheid van bodemleven in nieuwe natuurgras sportvelden

4.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk is een groot aantal bodemorganismen met hun eigenschappen beschreven dat een belangrijke rol in de bodem speelt. In hoeverre deze organismen aanwezig zijn in sportgrasvelden, en met name in pas aangelegde velden, is veelal onduidelijk. Er zijn namelijk geen data t.a.v. bodemleven in nieuw aangelegde grasvelden beschikbaar. Er bestaat een mogelijkheid dat cruciale organismen onvoldoende aanwezig zijn in pas aangelegde sportgrasvelden op een nieuwe bodem. Data t.a.v. bodemleven in gras zijn veelal afkomstig van grasweiden of natuurterreinen. In beide gevallen zal de bodem een lange grashistorie hebben en is dus niet te vertalen naar nieuwe sportvelden.

Omdat in deze deskstudy naast het inventariseren van reeds bestaande kennis, ook de mogelijkheden om het bodemleven te verbeteren in nieuwe sportgrasvelden op een rijtje gezet zullen worden (hoofdstuk 5), is kennis van het aanwezige bodemleven een voorwaarde. Wat niet in de bodem aanwezig is kan niet gestimuleerd worden, en wat reeds voldoende aanwezig is hoeft niet nog extra toegevoegd te worden. Er bleek geen andere mogelijkheid dan zelf data te verzamelen uit analyses.

Vraagstelling

Welke bodemorganismen en -functies die van belang zijn voor een goed functionerend sportgrasveld zijn wel/niet aanwezig in sportgrasvelden:

- net na inzaai op een nieuwe bodem (=waar niet eerder een gewas op gestaan heeft)
- net na inzaai op een grond gemengd met teelaarde afkomstig van een grasperceel,
- die reeds goed aangeslagen zijn en meer dan 1 jaar oud zijn.

Voor het lokaliseren van geschikte percelen zijn de leden van de Branchevereniging aangeschreven. Uiteindelijk is een selectie van 9 percelen van verschillende locaties en leeftijden, en met verschillend beheer gemaakt.

4.2 Bemonstering en analyses

Bemonstering

Er zijn negen percelen van verschillende locaties en leeftijden, en met verschillend beheer bemonsterd. In de meeste gevallen is van één locatie zowel een oud als een nieuw veld bemonsterd. Per veld zijn twee mengmonsters verzameld van elk 100 á 150 steken zodat per monster ca 1,5 liter grond beschikbaar was. De grond is tot een diepte van 10 cm bemonsterd met een boor van 2 cm diameter. Alle bemonsteringen vonden plaats op 13 en 14 juni 2005.

Analyses

De uitgevoerde analyses staan weergegeven in Tabel 4.1, samen met de informatie die ze geven over bodemorganismen of hun eigenschappen.

Mycorrhiza bezetting van de graswortels is bepaald door PPO-Horst (informatie over bemonstering en analyses www.PPO.dlo.nl/ppo/DIENST/diagn_paddestoelen.htm en McGonigle *et al.*, 1990).

Fysisch-chemische analyses en ook de nieuwe bodemlevenindicator BFI (bacterium fungus indicator) zijn bepaald door BLGG.

Microbiologische analyses zoals uitplaten op groeimedia, moleculaire fingerprinting van bacteriën en schimmels en een activiteitsbepaling van de bodem zijn uitgevoerd door PRI.

Tabel 4.1. *Uitgevoerde analyses en de hiermee te verkrijgen informatie over belangrijke bodemorganismen of hun eigenschappen*

Organisme/groep	Eigenschap	Uitgevoerde analyses
Diverse bacteriën en schimmels	Structuurverbetering Afbraak organische stof Mineralisatie	Bodemactiviteit Aantal bacteriën Aantal schimmels Biomassa actief bodemleven (BFI)
Bodemdieren (excl. regenwormen)	Verkleining organische stof	-
Regenwormen	Verkleining organische stof	-
Nitrosomonas, Nitrobacter	Nitrificatie	Nitrificeerders $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ verhouding
Vrijlevende bacteriën (Azotobacter, N-fixatie algen, etc.)		-
Diverse bacteriën	P-mobilisatie	P-mobiliserende bacteriën P in oplossing
Bepaalde bacteriën (Bacillus e.a.)	Plantengroeihormonen	-
Endofytische bacteriën	N-fixatie	-
Mycorrhizaschimmels	P-mobilisatie Bescherming, stress tolerantie, bodemstructuur, N-mobilisatie	Mycorrhiza kolonisatie
Endofytische schimmels (<i>Neotyphodium</i>)	Stress tolerantie	-
Bepaalde bacteriën en schimmels	Ziektevering	Aantallen Streptomyceten Diversiteitsindex
Pathogene schimmels	Aantasting	-
Emelten	Aantasting	-
Nematoden	Aantasting	-

4.3 Resultaten

Karakteristieken van de bemonsterde velden

De leeftijd van de velden varieerde van net ingezaaid (3 weken na zaai) tot een 15 jaar oud veld (Tabel 4.2). Het betrof drie renovatie velden, vijf nieuw aangelegde velden en één zeer oud veld. Opmerkelijk was dat in alle gevallen teelaarde gebruikt was bij aanleg. Eén maal was zelfs specifiek teelaarde van een grasperceel gebruikt. In de andere gevallen had de teelaarde een andere gewashistorie of was de herkomst onbekend. Aan de bodem van vier velden was compost toegevoegd, bij de andere velden juist bewust niet.

Fysisch-chemische bodemmetingen

Het percentage organische stof in de verschillende bodems varieert van 0.85 tot 2.85 (Tabel 4.3) en is dus in alle gevallen laag in verhouding tot weidegronden.

De pH-KCl varieert van 5,9 tot 7,3 en is alleen op perceel 8 laag, nl. 4,7.

Dit perceel 8 heeft ook andere sterk afwijkende waarden: nl. een laag fosfaat gehalte, een hoog kobalt en zink gehalte. Ook de hoeveelheid ammonium is hoog. Dit perceel is dus behoorlijk afwijkend van de andere percelen.

Tabel 4.2. Locaties en karakteristieken van de verschillende bemonsterde gras sportvelden.

Perceel	Gemeente	Jaar na zaai	% Raaigras	Compost toegevoegd	Grond met grashistorie ¹⁾	Start met teelaarde	Type veld
1	Heteren	0,7	75	+	+	+	nieuw
2	Oisterwijk	0,2	50	+	+	+	renovatie
3	Oisterwijk	1,0	*	+	+	+	renovatie
4	Oisterwijk	1,8	75	+	*	+	nieuw
5	Eindhoven1	0,1	75	-	+	+	renovatie
6	Eindhoven1	15,0	75	-	-	-	oud
7	Eindhoven2	1,8	75	-	*	+	nieuw
8	Eindhoven2	1,2	75	-	*	+	nieuw
9	Amersfoort	0,8	75	-	-	+	nieuw

¹⁾ *gegevens onbekend.

Tabel 4.3. Fysisch-chemische karakteristieken van de verschillende bemonsterde gras sportvelden. ^{#)}

Perceel	Gemeente	% Org. stof	C/N quotient	N-totaal (mg N/kg)	NH ₄ (mg/kg)	NO ₃ (mg/kg)	% Lutum (< 2µm)	BFI (mg/kg)
1	Heteren	1,85	14,0	663	0,07	0,48	3,1	9,0
2	Oisterwijk	2,60	12,0	1081	0,07	0,44	1,3	12,0
3	Oisterwijk	2,20	12,8	859	0,22	1,88	0,4	11,4
4	Oisterwijk	1,85	16,7	553	0,00	0,00	4,1	8,8
5	Eindhoven1	2,85	11,9	1202	0,09	0,86	3,0	11,8
6	Eindhoven1	1,70	11,8	719	0,10	0,10	1,6	10,9
7	Eindhoven2	1,95	13,3	734	0,10	0,10	0,9	9,7
8	Eindhoven2	0,85	18,0	236	0,29	0,20	3,7	7,2
9	Amersfoort	1,20	14,6	412	0,03	0,06	5,4	7,6
LSD ^{*)}		0,65	-	235	0,41	0,39	2,2	2,6

Perceel	Gemeente	HKCL	% Koolz. kalk	S-totaal (mg S/kg)	P-AL (mg P ₂ O ₅ /100 g)	P-PAE (mg P/kg)	Co-PAE (µg Co/kg)	Cu-PAE (µg Cu/kg)	Zn-PAE (mg Zn/kg)
1	Heteren	6,9	2,7	200	43,5	4,0	5,2	47,6	0,09
2	Oisterwijk	7,3	3,1	270	77,0	12,4	4,2	31,7	0,26
3	Oisterwijk	7,3	1,5	190	45,5	4,4	6,0	22,4	0,06
4	Oisterwijk	7,3	0,9	110	41,0	1,5	5,9	23,6	0,01
5	Eindhoven1	6,2	0,1	240	59,0	3,2	25,8	31,2	0,78
6	Eindhoven1	5,9	0,1	120	32,0	3,7	75,3	10,2	0,32
7	Eindhoven2	6,4	0,2	150	39,5	2,2	12,1	7,8	0,09
8	Eindhoven2	4,7	0,1	40	11,0	0,3	169,9	20,4	1,06
9	Amersfoort	6,9	0,6	80	29,0	1,9	13,2	31,4	0,07
LSD ^{*)}		0,17	2,1	50	10,3	2,5	8,9	57,9	0,14

^{#)} Metingen uitgevoerd door BLGG Oosterbeek.

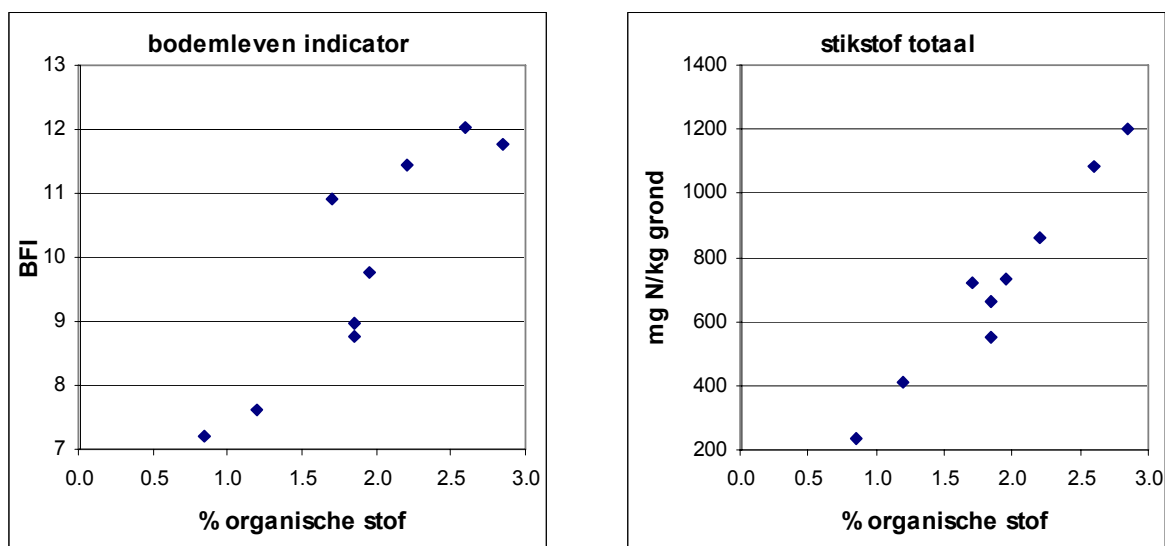
^{*)} LSD staat voor least significant difference. Een verschil groter dan de waarde van de LSD is statistisch significant (bij een P waarde van 0.05).

Bodemlevenindicator BFI

Bodemlevenindicator (BFI, bacterium fungus indicator) van BLGG staat voor de hoeveelheid stikstof (in mg N/kg grond) die aanwezig is in het actieve bodemleven. De BFI waarde varieerde tussen 7 en 12 (Figuur 4.2). Er is geen toename van BFI in ouder wordend grasveld. Maar er is wel een duidelijke correlatie met het organisch stof percentage: meer organische stof correleert met meer bodemleven. Er is een zelfde opvallende correlatie met stikstof. Het oude grasperceel van 15 jaar (perceel 6) heeft relatief een wat hogere BFI waarde dan de andere percelen in relatie tot het % organische stof.

Bodemactiviteit

Bodemademhaling is een maat voor de activiteit van het bodemleven. Er was geen duidelijke correlatie te vinden tussen de bodemademhaling en één van de karakteristieken zoals ouderdom van het grasveld of organische stof percentage. Waarden van de bodemademhaling varieerden van 0,2 tot 1,0 mg O₂ per kg grond per dag, waarbij perceel 8 de laagste waarde had. Variaties tussen de herhalingen waren echter vrij hoog.



Figuur 4.1. Relatie tussen bodemleven indicator BFI (links) en totale hoeveelheid stikstof (rechts) in de bodem met het organische stof percentage.

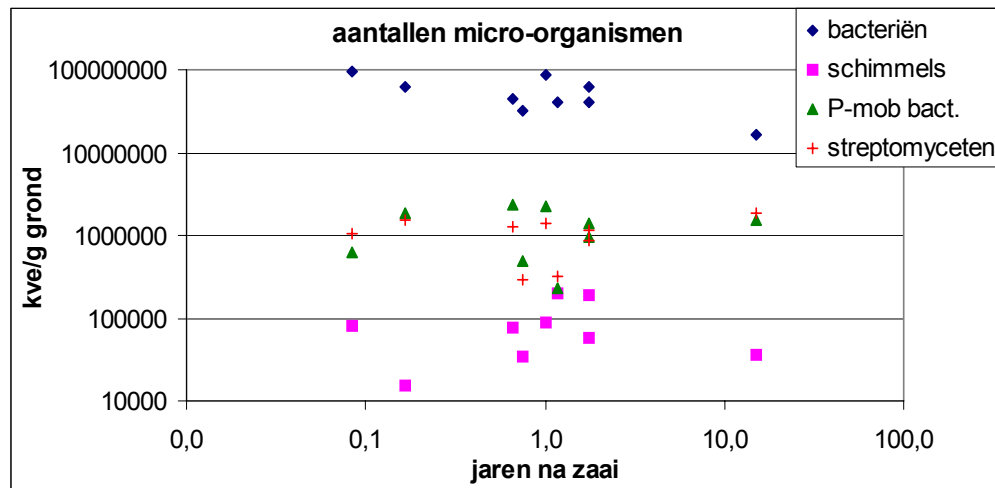
Aantallen micro-organismen

Aantallen bacteriën die op een voedingsmedium gekweekt kunnen worden zijn 10^7 à 10^8 kolonievormende eenheden (kve) per g droge grond. Dit is ca. een factor 10 lager dan gewoonlijk in akkerbouw- of weidegronden gemeten wordt. De aantallen zijn over het algemeen hoger in pas ingezaaide dan in oudere velden (Figuur 4.2).

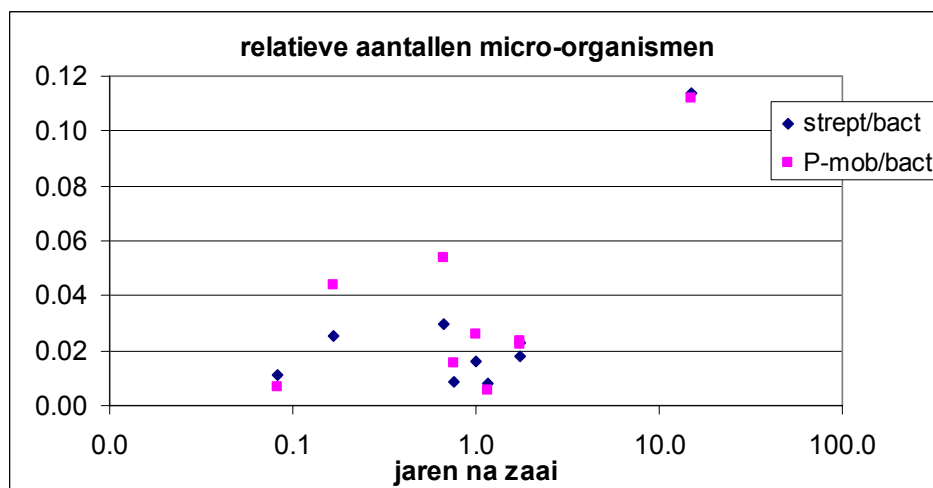
Aantallen schimmels variëren van 10^4 tot 10^5 kve/g droge grond (Figuur 4.2). Ook deze aantallen zijn relatief laag in vergelijking met akkerbouw- en weidegronden. Er is geen relatie met de ouderdom van een veld, gebruik van compost of herkomst van de grond.

Aantallen streptomyceten, dit is een bepaalde groep bacteriën die myceliumdraden en sporen vormt, varieert van 5×10^5 tot 5×10^6 kve/g droge grond (Figuur 4.2). Dit zijn juist wel relatief hoge aantallen in vergelijking met akkerbouw- of weidegronden. Het gaat om 1 à 11% van de totale bacteriepopulatie. De relatieve aantallen streptomyceten t.o.v. de totale bacteriepopulatie nemen toe bij oudere grasvelden (Figuur 4.3). Bovendien lijkt er een trend dat compost deze toename stimuleert of versnelt.

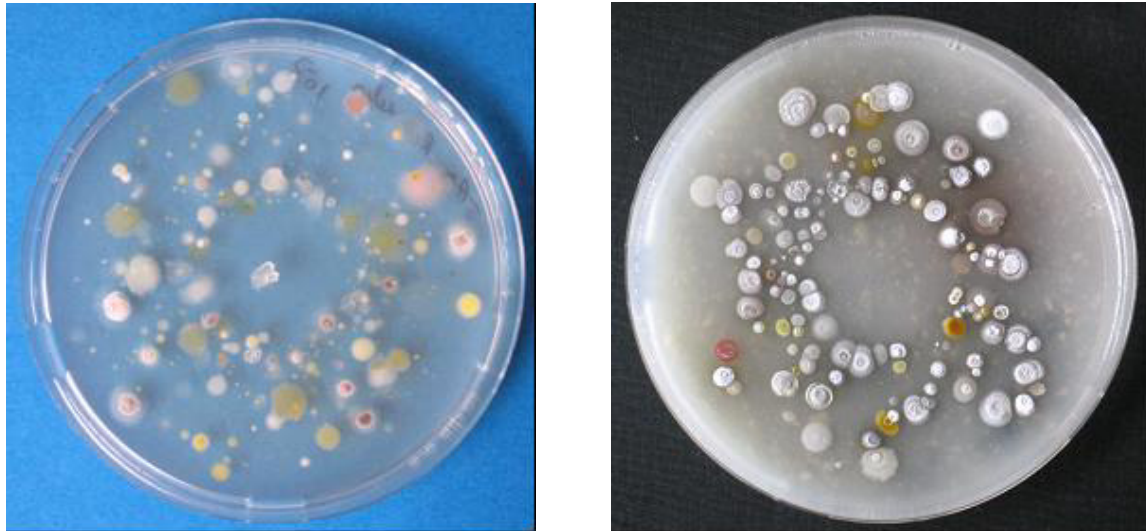
Aantallen bacteriën die fosfaat kunnen mobiliseren variëren van 2×10^5 tot 8×10^6 kve/g droge grond (Figuur 4.2). Het gaat om 0.5 a 11% van de totale bacteriepopulatie. De waarden van de fosfaat mobiliserende bacteriën komen sterk overeen met die van de streptomyceten (Figuur 4.2), wat er mogelijk op duidt dat streptomyceten een belangrijke rol bij de fosfaatmobilisatie spelen. De relatieve aantallen fosfaat mobiliserende bacteriën was het hoogst in het oudste grasveld (perceel 8) (Figuur 4.3).



Figuur 4.2. Aantallen cultiveerbare met vermogen om fosfaat (P) te mobiliseren per g droge grond. Verschillen zijn statistisch significant als ze groter zijn dan resp. 0,27, 0,34, 0,52 en 0,24 voor bacteriën, schimmels, streptomyceten en P-mobiliserende bacteriën.



Figuur 4.3. Relatieve aantallen streptomyceten en bacteriën met vermogen om fosfaat (P) te mobiliseren t.o.v. totaal aantal bepaalde bacteriën.



Figuur 4.4. Cultiveerbare bacteriën (links) en streptomyceten (rechts).

Mycorrhiza

Bezetting van graswortels door de verschillende mycorrhizastructuren neemt toe bij ouder wordende sportvelden (Figuur 4.5). Vlak na zaai (3 weken tot 2 maanden na inzaai) hebben de graswortels nog geen arbuskels. Dit zijn de boomachtige structuren die de schimmels vormen in cortexcellen van plantenwortels, waar de uitwisseling van nutriënten plaats vindt. De toename van arbuskels is duidelijk meetbaar bij 1 jaar oude grasvelden. Deze toename lijkt op het eerste gezicht onafhankelijk van gebruik van compost, herkomst van de grond en of het een renovatie of nieuw grasveld betreft.

Opvallend is dat ondanks de afwezigheid van arbuskels tot 2 maanden na zaai er al wel andere mycorrhiza structuren aanwezig zijn; zie totale kolonisatie in Figuur 4.5. Het betrof twee renovatievelden. Dit betekent dat mycorrhizaschimmels bij renovatie direct vanaf zaai aanwezig zijn.

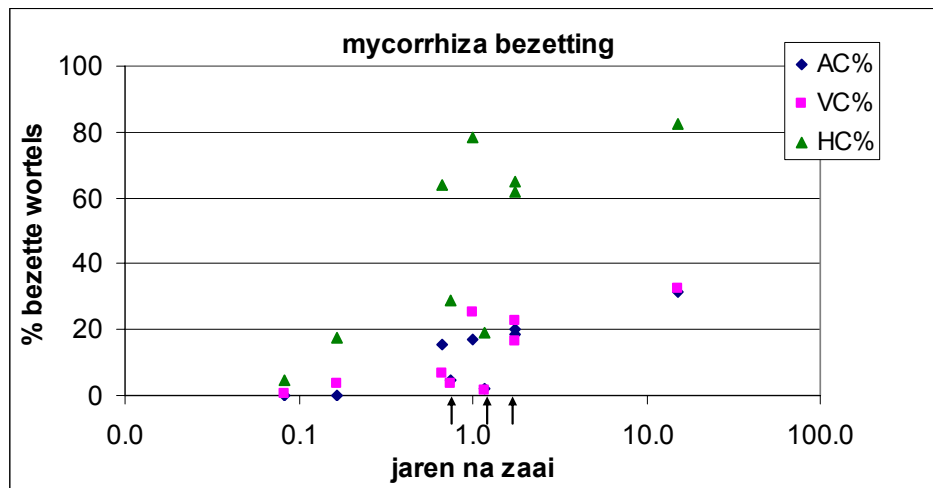
De jongste nieuw aangelegde velden zijn 0,7 en 0,8 jaar oud; ook hier zijn mycorrhizas al aanwezig. Bij het 0,7 jaar oude veld is gebruik gemaakt van teelaarde waarop gras gestaan heeft, terwijl het 0,8 jaar oude veld is aangelegd met teelaarde die niet afkomstig is van een grasperceel. De mycorrhizabezetting is duidelijk lager in het 0,8 jaar oude veld dat geen grashistorie had! Ook het 1,2 jaar oude veld dat nieuw was aangelegd heeft relatief weinig mycorrhizas. Hier was de herkomst van de teelaarde onbekend.

De verhouding tussen de arbuskels en de totale mycorrhiza kolonisatie is een maat voor het voordeel dat de plant heeft van de symbiose (Figuur 4.6). Deze verhouding geeft een sterke toename te zien bij ouder wordend sportgrasveld.

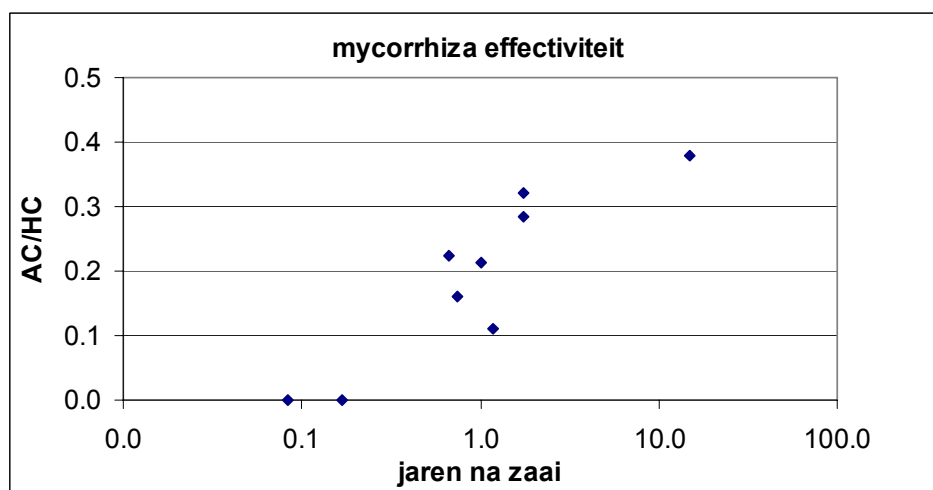
Diversiteit van bacterie- en schimmelpopulaties

De moleculaire fingerprint techniek (Figuur 4.7 en 4.8) laat heel duidelijk de overeenkomsten tussen de duplo-monsters en de verschillen tussen de velden zien.

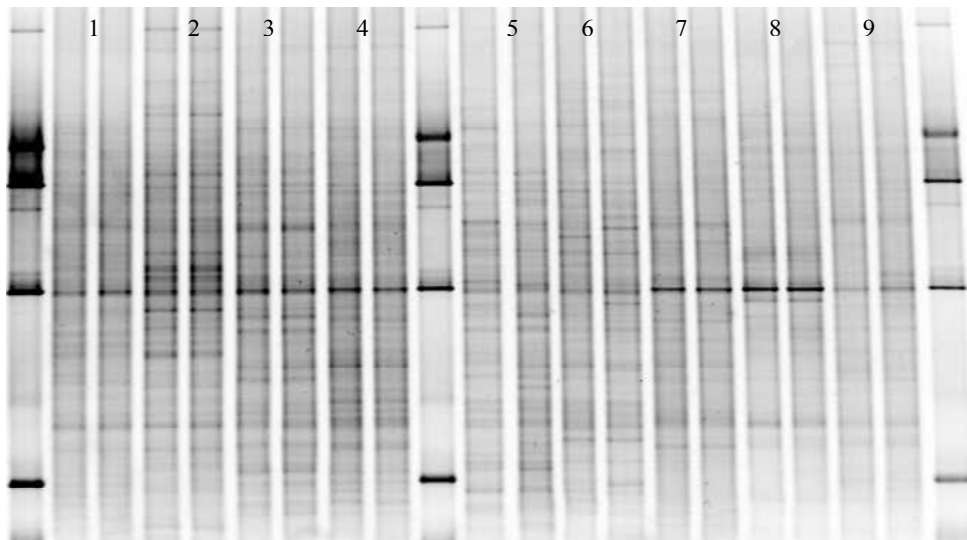
Aan de hand van deze patronen kan de diversiteit van de dominante soorten bepaald worden. Eén van de hiervoor veel gebruikte formules is de Shannon Weaver index. De diversiteit van de bacterie- en schimmelpopulatie hangt niet af van de ouderdom van een sportveld, maar is mogelijk wel tot op zekere hoogte gecorreleerd met de hoeveelheid organische stof in de bodem; er treedt een lichte stijging op in de diversiteitsindex bij hogere percentages organische stof (Figuur 4.9). Opvallend zijn de lage waarden van de diversiteitsindex van de bacteriën in percelen 7 en 8 (Eindhoven2) t.o.v. de andere percelen.



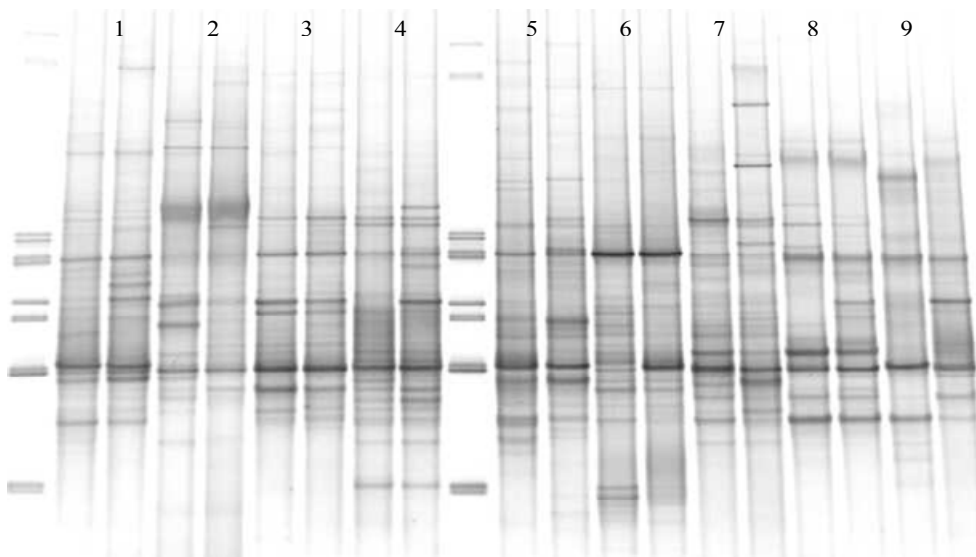
Figuur 4.5. Bezetting van graswortels met mycorrhiza's in %. AC = arbusculaire kolonisatie, VC = vesiculaire kolonisatie, HC = totale kolonisatie, d.w.z. arbuskels, vesikels en hyfen. Pijlen geven de nieuw aangelegde velden aan waar geen teelaarde met herkomst gras gebruikt is. Verschillen zijn statistisch significant als ze groter zijn dan resp. 14, 18 en 22 voor AC, VC en HC.



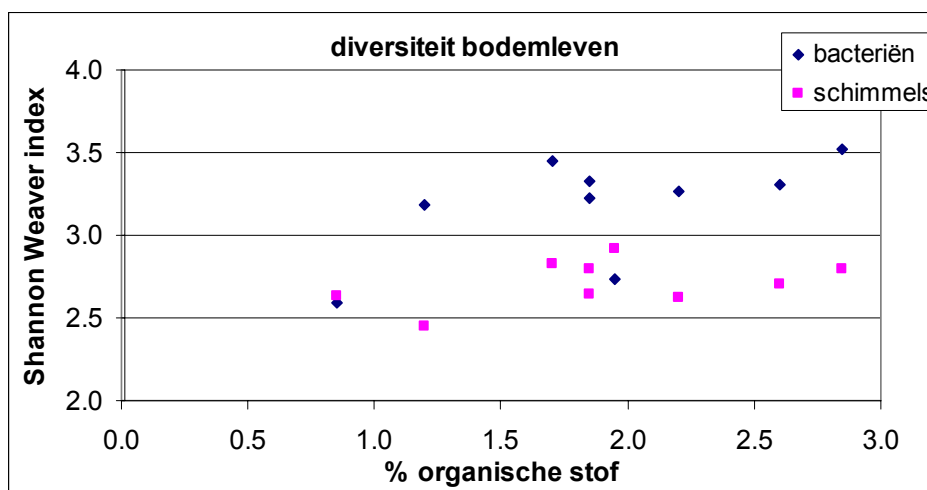
Figuur 4.6. Voordeel van de symbiose door mycorrhiza's. AC/HC = arbusculaire kolonisatie t.o.v. totale kolonisatie. Verschillen zijn statistisch significant als ze groter zijn dan 0.16.



Figuur 4.7. Diversiteit van de bacteriepopulatie geanalyseerd met de moleculaire fingerprinting techniek PCR-DGGE in de sportvelden 1 t/m 9 (duplomonsers).



Figuur 4.8. Diversiteit van de schimmelpopulatie geanalyseerd met de moleculaire fingerprinting techniek PCR-DGGE in de sportvelden 1 t/m 9 (duplomonsers).



Figuur 4.9. Diversiteitsindex van de bacterie- en schimmelpopulatie geanalyseerd met de moleculaire fingerprinting techniek PCR-DGGE uitgezet tegen het % organische stof in de bodem.

Nitrificerende bacteriën

De aanwezigheid en diversiteit van nitrificerende bacteriën is onderzocht met een specifiek PCR-DGGE systeem. Hieruit bleek dat nitrificeerders in alle percelen aanwezig waren. Wel varieerde de samenstelling tussen de percelen. Er zijn aanwijzingen dat de net aangelegde velden meer nitrificerende bacteriën bevatten die gerelateerd zijn aan watersystemen, terwijl de oudere velden van 1,8 en 15 jaar (percelen 6, 4 en 7) meer nitrificeerders bevatten die normaliter in de bodem actief zijn.

Dit verschil in samenstelling kan er op wijzen dat de efficiëntie van de nitrificatie verschilt per perceel, waarbij het wenselijk lijkt om voldoende bodemgerelateerde nitrificeerders te hebben zoals het geval is in de oudere percelen.

Correlaties tussen fysisch-chemische en biologische factoren

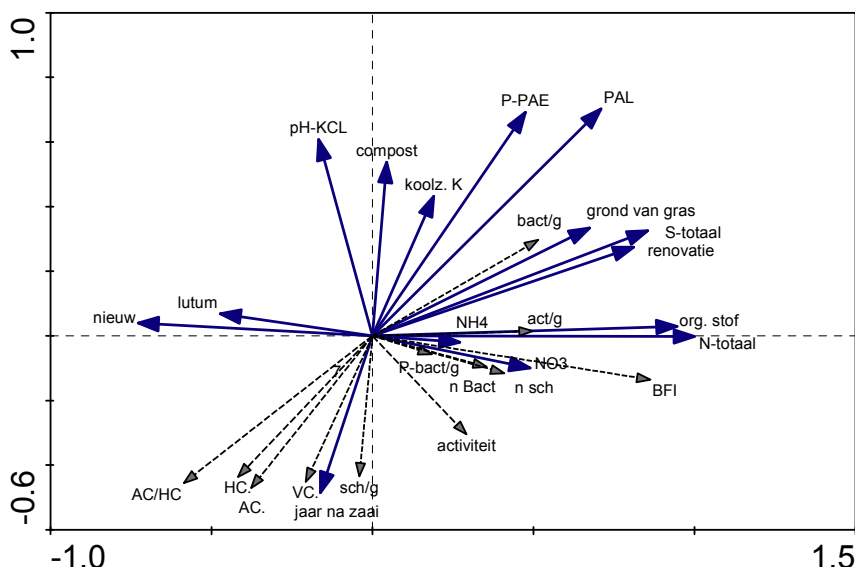
Om de relatie tussen de vele factoren te bekijken, is een multivariate analyse (zie Figuur 4.10) uitgevoerd. Hoewel deze figuur er nogal complex uit ziet, geeft het nieuwe inzichten t.a.v. het belang van bepaalde bodemkarakteristieken voor het bodemleven. Deze figuur moet als volgt geïnterpreteerd worden: pijlen die in de zelfde richting wijzen, correleren met elkaar. Daarnaast hebben langere pijlen een sterkere invloed dan kortere pijlen. Pijlen in een dergelijke figuur geven correlaties aan, maar het hoeft niet om oorzakelijke verbanden te gaan. Oorzakelijke verbanden kunnen alleen in experimenten aangetoond worden.

Opvallend is de al eerder geconstateerde correlatie tussen mycorrhizakolonisatie (HC, AC, CV) en ouderdom van het grasperceel (Figuur 4.10) (zie ook Figuur 4.5 en 4.6). Ook de hoeveelheid kweekbare schimmels op een voedingsmedium (log sch) correleert met ouder wordend gras. Compost en % organische stof vertonen geen correlatie met mycorrhiza bezetting.

Veel andere microbiologische waarden, nl. bacterie- en schimmeldiversiteit (n bact, H bact, n sch, H sch), biomassa bodemleven (BFI), aantallen bacteriën (log bact), aantallen streptomyceten (log act), aantallen fosfaat mobiliseerders (log P-ba) en bodemactiviteit (mg O₂/k) correleren vooral met het percentage organische stof (org. stof) en de hoeveelheid stikstof (N-totaal) in de bodem. De ouderdom van het gras heeft geen invloed op al deze microbiologische waarden, omdat de pijl 'jaar na zaai' er min of meer loodrecht op staat.

Opvallend is dat het gehalte lutum negatief correleert met deze microbiologische waarden. Er valt dus geen positieve invloed van het lutumgehalte te verwachten op de aanwezigheid en activiteit van het bodemleven. In paragraaf 3.3 is reeds vermeld dat lutum en kleigehalte de mineralisatie in een bodem vertraagt (Hassink, 1995).

De factoren compost, pH en kalkgehalte correleren met elkaar. De aanwezige en beschikbare hoeveelheid fosfaat (P-PAE, PAL) correleren zowel met pH en compost, als met aantallen bacteriën, streptomyceten en fosfaat mobiliseerders.



Figuur 4.10. Correlaties tussen teelt- en bodemfactoren (pijlen met getrokken lijnen) en de geanalyseerde microbiële factoren (pijlen met gestippelde lijnen) geanalyseerd met Principale Componenten Analyse. Factoren met pijlen die in dezelfde richting wijzen, correleren met elkaar, terwijl langere pijlen een sterkere invloed hebben.

4.4 Conclusies

Over een aantal belangrijke groepen bodemorganismen, waarvan onbekend was of ze nu wel of niet in nieuw aangelegde grasvelden zouden voorkomen, is nu meer helderheid.

Algemeen bodemleven

De hoeveelheid bodemleven in sportgrasvelden is inderdaad relatief laag t.o.v. landbouwgronden:

- aantallen bacteriën en schimmels zijn ca. 10% van de waarden in grasweiden
- bodemademhaling is erg laag (10% van biologische grond in een kasteelt)
- bodemleven indicator BFI varieert tussen 7 en 12, terwijl waarden bij weidegras veelal 80 zijn.

Bodemleven correleert met hoeveelheid organische stof en stikstof in de bodem. Omdat bekend is dat bacteriën en schimmels zich voeden met afbraakproducten van organische stof (paragraaf 3.1), ligt het in de lijn der verwachtingen dat de hoeveelheid organische stof bepalend is voor de hoeveelheid bodemleven, de diversiteit en de activiteit van bacteriën.

Perceel 8 heeft sterk afwijkende waarden voor een flink aantal bodemparameters: lage pH, % organisch stof, stikstof, fosfaat en vocht gehalte, en juist opvallend hoge kobalt, zink en ammonium gehalten. Dit gaat gepaard met een aantal sterk verlaagde bodemleven parameters: lage aantallen fosfaat mobiliseerders, lage bodemademhaling, geringe bacteriële diversiteit en een lage mycorrhizabezetting. Alles wijst erop dat het bodemleven hier niet optimaal functioneert.

Mycorrhizaschimmels

Kolonisatie in oudere velden is op het zelfde niveau als wat er in de literatuur gemeld wordt voor grasweiden, nl. 65% van de wortels wordt gekoloniseerd in onbemeste grond, en 30-50% in bemeste grond (De Goede & Brussaard, 2001). Interessant is verder dat mycorrhizaschimmels vanaf zaai aanwezig zijn in velden die gerenoveerd zijn. In nieuwe velden lijkt de aanwezigheid beïnvloed te worden door de herkomst van de grond: teelaarde met een gras-historie had een hogere mycorrhiza bezetting dan de teelaarde waarop een ander gewas gestaan had (conclusie gebaseerd op slechts enkele velden).

De kolonisatie van graswortels, en vooral ook de aanwezigheid van de effectieve structuren, nam toe met de leeftijd van het grasperceel. Compost en organische stof gehalten hadden geen invloed op de mycorrhiza bezetting.

Streptomyceten

De aantallen streptomyceten waren relatief hoog t.o.v. landbouwgronden. De relatieve aantallen streptomyceten, d.w.z. streptomyceten t.o.v. bacterieaantallen, was het hoogst in het oudste perceel. Mogelijk neemt het toe met de ouderdom van het gras en het % organische stof.

Fosfaatmobiliseerders

Bacteriën die in staat zijn om fosfaat te mobiliseren waren volop aanwezig. Hun relatieve aantallen t.o.v. totale bacterieaantallen correleerde evenals bij de streptomyceten het hoogst in het oudste perceel.

Diversiteit

Diversiteit van de bacterie- en schimmelpopulaties neemt in geringe mate toe met het percentage organische stof in de bodem (Figuur 4.9 en 4.10).

Nitrificeerders

Nitrificerende bacteriën komen in alle percelen voor, en zijn dus vanaf de aanleg van een grasveld aanwezig. Wel is er een verschil in samenstelling tussen de percelen. Het is goed denkbaar dat de efficiëntie van de nitrificatie hoger is in de oudere percelen (vanaf 1,8 jaar), omdat er aanwijzingen zijn dat hier meer bodemgerelateerde nitrificerders aanwezig zijn.

5. Opties voor de verbetering van bodemleven in natuurgras sportvelden

5.1 Inleiding

Voor een goede groei van planten speelt bodemleven een belangrijke rol. Bacteriën, schimmels en bodemdieren verbeteren de bodemstructuur, zorgen voor afbraak van organisch materiaal, en maken hierdoor mineralen beschikbaar voor de planten. Verder kunnen ze plantenziekten tegengaan en plantengroei bevorderen. De belangrijkste verbetering van bodemleven kan verwacht worden bij de aanleg van sportvelden. De microflora van een pas aangelegde grasmat op een 'nieuwe' bodem is nog niet optimaal aangepast aan het gewas. Bij de aanleg van nieuwe natuurgras sportvelden wordt veelal gebruik gemaakt van zand en organische stof waar niet eerder gras op gestaan heeft. Het duurt meestal enige tijd voordat het gras op een dergelijke aangelegde 'nieuwe' bodem goed aanslaat en een dichte mat vormt.

Voor de stimulering van bodemleven kunnen we enkele algemene stelregels geven om rekening mee te houden:

- Iets wat niet in de bodem zit, hoeft je niet te stimuleren; je moet eerst zorgen dat het erin komt.
- Als iets voldoende aanwezig is, hoeft je het niet te stimuleren.
- Als de omstandigheden niet gunstig zijn, heeft het weinig zin om bepaalde organismen toe te voegen, want ze overleven toch niet.

Er zijn twee basisprincipes die kunnen leiden tot stimulering van het bodemleven: (1) zorgen dat het juist bodemleven aanwezig is, en (2) gunstige omstandigheden creëren voor het bodemleven.

In paragraaf 5.2 worden de nu gangbare maatregelen bij aanleg en onderhoud van sportgrasvelden kort weergegeven. Accent ligt hier op die maatregelen en omgevingsfactoren die van invloed zijn op het bodemleven. Vervolgens worden in paragraaf 5.3 en 5.4 mogelijkheden besproken om de rol van het bodemleven te optimaliseren. Hierbij worden de eigenschappen van het bodemleven (zie hoofdstuk 3) en de aanwezigheid van bodemleven in sportgrasvelden (zie hoofdstuk 4) geïntegreerd met de informatie over aanleg en onderhoud van sportgrasvelden. Ook wordt er aandacht besteed aan de mogelijkheden die er via het graszaad zijn (paragraaf 5.5). Tot slot wordt alle informatie samengevat, leidend tot concrete aanbevelingen (paragraaf 5.6).

5.2 Gangbare beheersmaatregelen in natuurgras sportvelden

Grondsoort

Er zijn strikte regels t.a.v. de samenstelling van sportgrasvelden. Belangrijkste uitgangspunt hiervoor is de mechanische sterkte en de waterdoorlaatbaarheid. In zijn algemeenheid kan gezegd worden dat de grond zeer zanderig is met weinig organische stof en weinig klei. Bij renovatie of verschraving van een veld wordt zand gebruikt uit zee, zandputten of diepzandwinning. Het zand wordt dan vermengd met de onderliggende teelaarde. In dit geval heeft het veld dus al een grashistorie, wat van belang kan zijn voor het aanwezige bodemleven.

Bij een volledig nieuw veld kan ook uitgegaan worden van schraal zand al of niet gemengd met teelaarde en/of organische stof. In paragraaf 4.3, zagen we dat bij de vijf nieuw aangelegde velden in alle gevallen gebruik gemaakt was van teelaarde. Eén keer werd bewust gebruik gemaakt van teelaarde waar gras op gestaan had (voormalig sportveld). Bij de andere velden was de herkomst niet bekend of had er een ander gewas opgestaan. Bij een volledig nieuw veld kan zich dus de situatie voordoen dat er grond gebruikt wordt, waar nog nooit gras op gestaan heeft. Dit zal gevolgen hebben voor de mate waarin het bodemleven aangepast is aan het gras dat wordt ingezaaid.

Om de organische stof op het gewenste pijl te brengen wordt soms compost toegevoegd. Toegestaan is een eenmalige toediening van maximaal 200 Ton droge stof per ha. Compost heeft per definitie een andere microflora als een bodem waar gras of een gewas op staan. Compost is nl. tijdens het composteringsproces opgewarmd tot zo'n 60 à 70 °C. Deze verhitting zorgt er ook voor dat eventuele pathogenen en onkruiden afgedood worden.

De composttypen die toegepast worden zijn bijvoorbeeld een aantal producten van CONVIRO:

- Edel-Keurcompost (0-5), gemaakt van groente- fruit- en tuinafval (GFT)
- Superveencompost (0-5), gemaakt van 60% tuinturf en 40% Edel-Keurcompost
- Superveencompost (0-10), gemaakt van 60% tuinturf en 40% Recro-Keurcompost (Ook van GFT)

Er zijn echter veel meer soorten compost in Nederland beschikbaar. Voor de aanleg van sportvelden is goed uitgerijpte organische stof nodig.

Compost moet verder voldoen aan het BOOM-besluit, wat ervoor garant staat dat de concentraties zware metalen voldoende laag zijn. Zoals hiervoor al is aangegeven, moet het composteringsproces ook aan bepaalde normen voldoen (temperatuurverloop), zodat de compost vrij is van pathogenen en onkruiden.

Compost gemaakt van GFT is over het algemeen zouter en heeft een hogere pH, dan de compost die is vermengd met tuinturf.

Grassoorten

De meest gebruikte grassoorten voor Nederlandse sportvelden zijn:

- voor sportvelden: Engels raaigras en veldbeemdgras (veel N nodig)
- voor recreatie: Engels raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras
- voor golfgreen: roodzwenkgras en struisgras (hebben minder N nodig)
- voor andere delen van een golfbaan komen ook andere grassoorten in aanmerking.

(Zie bijlage voor Latijnse en Engelse namen.)

Bemesting

Bemesting is belangrijk om de dichtheid van de mat te bevorderen, voor het herstelvermogen en voor handhaving van de goede grassoorten.

Benodigde bemesting in globale termen:

- N: nieuwe matten hebben een stikstofgift van 200 kg N/ha per jaar nodig, oude matten kunnen volstaan met 100 kg N/ha per jaar. Het meest gebruikte mesttype is KAS (=kalkammonsalpeter). Bij zanderige bodem is er gevaar voor uitspoeling. Dan kunnen eventueel langzaam werkende meststoffen gebruikt worden. Bij bespeling in de winter is er extra N nodig.
- P: alleen bij aanleg, later is weinig P nodig. Bemesten op basis van bodemanalyse. P stimuleert de wortelgroei.
- K: weinig nodig. Zorgt voor sterke en winterharde planten.
- Mg: alleen op lichte gronden van belang.
- FeS: planten afharden. Vroeger kwam S in de bodem via depositie. Dat is nu veel minder. Bemesten op basis van bodemanalyse.
- Sporenelementen: meestal voldoende aanwezig, alleen op zeer schrale grond nodig bij de aanleg.

Bij afvoer van het gras zullen extra hoeveelheden meststoffen nodig zijn.

Maaien

De maaihoogte op sportvelden is ca. 3 cm. Maaien kan, vooral bij nat weer, verrotting van afgemaaid gras veroorzaken, met als gevolg verslijming en een glad veld. Bij voldoende frequent maaien is afvoer van maaisel niet nodig. Indien op tijd gemaaid wordt, zal het maaisel geen problemen met viltopbouw of ziektes veroorzaken. Afvoer van maaisel is nodig bij te laat maaien in de herfst om schimmelaantasting door Fusarium te beperken.

pH

Gewenste pH voor sportvelden is ca 5.2 à 6. Vooral de belangrijke soort Engels raaigras vraagt deze pH. Andere grassoorten hebben een betere groeikracht bij een wat lagere pH. Het ongewenste straatgras *Poa annua* groeit beter bij een hogere pH. De pH wordt veelal langzaam maar zeker verlaagd door toepassing van verzurende (zwavelhoudende) meststoffen.

De negen bemonsterde velden hadden een pH-KCl tussen 5,9 en 7,3, met één uitzondering waar de pH-KCl 4,9 was.

Organische stof

Organische stof in een grasveld neemt toe met de tijd:

- droge grond: max. 5-6% organische stof,
- vochtiger grond: max. 8-10% organische stof.

Bij een te hoog % organische stof wordt bezand.

Lutum

Kleibijmenging bij aanleg van een sportveld wordt nogal eens toegepast om de bezwaren van humusarm zand op te vangen, zoals het slecht aanslaan van het gras na zaai en het voorkómen van zandnesten in droge perioden. Er mag maximaal 5% lutum toegepast worden.

De meeste informatie uit deze paragraaf is afkomstig uit Boogaard (2002) en Minderhoud *et al.* (1989).

5.3 Invloed van de wijze van aanleg van sportvelden op het bodemleven

Herkomst zand of teelaarde

Voor het snel aanslaan van een grasmat is het belangrijk om zo snel mogelijk de juiste bodemorganismen in een sportveld te verkrijgen. Hiervoor is het raadzaam om met teelaarde te starten. Zand afkomstig van zee, zandputten of diepzandwinning gemengd met compost bevatten geen organismen die specifiek aan gras zijn aangepast. Hoewel diverse bodemdieren en algemeen voorkomende bacteriën en schimmels in elke bodem worden aangetroffen, zullen mycorrhiza's of aan gras aangepaste bacteriën er niet in voorkomen. De best aangepaste bodemorganismen worden natuurlijk verkregen door teelaarde te gebruiken waar reeds gras op gestaan heeft. Waarschijnlijk is 10% van een dergelijke grond voldoende om als entmateriaal te dienen. Dan is het vrijwel zeker dat de juiste mycorrhiza-schimmels, effectieve nitrificeerders en specifieke graswortelkoloniserende bacteriën vanaf de zaai aanwezig zijn.

Organische stof

Bodemorganismen voeden zich voor een groot deel op organische stof. Algemeen gesteld hangt de omvang van het bodemleven daarom af van de hoeveelheid beschikbare organische stof. Ook de activiteit, de diversiteit van het bodemleven, aantallen streptomyceten en fosfaat-mobiliserende bacteriën, en beschikbare nitraat correleren met de hoeveelheid organische stof (zie paragraaf 4.3). Dit zijn allemaal positieve eigenschappen. Een zo hoog mogelijk gehalte aan organische stof, binnen de randvoorwaarden gesteld aan sportvelden, is dus gunstig voor het bodemleven.

Het gebruik van compost had geen specifieke invloed op het bodemleven in de zin van aantallen, activiteit, en diversiteit en samenstelling. Wel correleerde het gebruik van compost met een hogere pH en meer beschikbaar fosfaat. Welke oorzakelijke verbanden hier een rol spelen is niet direct duidelijk.

Lutum

Hoewel bij de aanleg van nieuwe sportvelden klei (lutum) wordt toegepast om de bezwaren van humusarm zand op te vangen, is dit voor het bodemleven ongunstig. Het vertraagt de mineralisatie doordat het de organische stof afschermt (Hassink, 1995). In paragraaf 4.3 bleek ook dat aantallen, activiteit, en diversiteit van de bacteriën negatief correleerde met de hoeveelheid lutum. Door de vertraagde mineralisatie komt bovendien minder stikstof beschikbaar voor het gras en zal het percentage organische stof in de bodem sneller oplopen.

Een zo laag mogelijk gehalte lutum lijkt dus gunstig voor het bodemleven. Bovendien kunnen dan hogere percentages organische stof toegepast worden, waardoor het bodemleven nog eens extra gestimuleerd wordt.

Controle input-materialen

Belangrijk is om de te gebruiken grond vooraf te laten analyseren op ongewenste stoffen en organismen. Zo is een te hoge concentratie aan zware metalen nooit gewenst (zie paragraaf 4.3 perceel 8: hoge kobalt- en zinkconcentraties en een slecht functionerend bodemleven). Indien er gras op de teelaarde gestaan heeft, valt het bovendien te overwegen om de aantallen plantenparasitaire nematoden te controleren, omdat net ingezaaid gras veel gevoeliger is voor nematodenschade dan een volgroeide mat.

5.4 Stimulering van bodemleven door beheersmaatregelen en toe te voegen producten

Wortelstelsel

Naast de organische stof in de bodem, leveren ook graswortels voeding voor het bodemleven. Bacteriën, schimmels en bodemdieren leven zowel van afgestorven wortels als van de uitscheidingsproducten van levende wortels. Een dichte en diepe wortelmat is dus gunstig voor het bodemleven.

Alle beheersmaatregelen die gunstig zijn voor het wortelstelsel, zijn daardoor ook indirect gunstig voor het bodemleven.

Stikstofbemesting

Stikstof is de belangrijkste meststof voor het goed aanslaan van een grasveld en voor het uitstoelen van wortels. Een hoge stikstofgift heeft echter tot gevolg dat er minder maar dikkere wortels ontstaan en dat er minder strekking optreedt. Het netto effect is dat het wortelgewicht afneemt (Duble, 2004). De wortel/spruit verhouding neemt af. Minder wortels als gevolg van hoge stikstof bemesting betekent minder voedingsstoffen voor micro-organismen. Dit wordt bevestigd vanuit de literatuur: de microbiële biomassa in onbemest gras is dan ook groter dan bij een bemesting van 280 kg N (Lovell & Jarvis, 1998).

Ook regelmatig een klein beetje mest geven, kan een ondiepe beworteling tot gevolg hebben.

Klaver

Bij het gebruik van klavers in een grasveld kunnen Rhizobium bacteriën die in symbiose leven met de klaverwortels 80 kg N/ha/jaar vastleggen. Dit kan bespaard worden op de stikstof mestgift. Op sportvelden zijn klavers vanwege de geringe betredingstolerantie echter niet interessant.

Bodemdieren

Regenwormen zijn de meest zichtbare kleine bodemdieren. In biologische landbouw zijn ze zeer gewenst vanwege hun positieve eigenschappen. De regenworm is binnen de biologische landbouw zelfs min of meer het 'troetel'-bodemdier. Regenwormen worden gestimuleerd door: inbreng van organische stof, vochtige bodems en niet te lage pH (pH 6,4 is gunstiger dan pH 5). Regenwormen zullen bij aanleg van een sportveld niet aanwezig zijn (weinig organische stof en te veel bodembewerking) en hun verplaatsing vanuit omringende delen is slechts 10 m. per jaar.

Het is echter de vraag of regenwormen noodzakelijk zijn voor sportgrasvelden. Potwormen hebben vergelijkbare effecten in de bodem wat betreft afbraak van organische resten en aggregaatvorming. Ze zijn echter veel kleiner en kunnen erg goed leven daar waar regenwormen het slecht doen. Potwormen zorgen echter niet voor verticale poriën die de drainage van een bodem verbeteren. De vraag is hoe belangrijk dit voor de zanderige grasbodems is. Regenwormen zijn bovendien niet altijd geliefd in sportgrasvelden vanwege de gladheid die ze veroorzaken door hun uitwerpselen, en de dieren (vogels, mollen) die ze aantrekken. Het zou goed zijn om aanwezigheid van potwormen te bepalen, en om in een experiment het effect van potwormen te vergelijken met het effect van regenwormen.

Indien regenwormen toch grote voordelen blijken te bieden boven alleen potwormen, moet rekening gehouden worden met welke soorten wormen in droog arm zand kunnen leven. M.a.w. welke soorten zijn geschikt voor sportgras? Dit zijn beslist andere soorten dan die in grasweides of in akkerland met veel organische stof gedijen. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de groep regenwormen die het meest gewenst is voor sport gras (zie Tabel 3.3), dus strooisel- of bodembewoners, en zeker geen pendelaars.

Fosfaatmobilisatie door bacteriën

Fosfaatmobiliserende bacteriën zijn in grote aantallen in de bodem aanwezig (paragraaf 4.3), ook in de nieuw aangelegde sportvelden. Ze nemen wel toe in oudere grasmatten. Ook het percentage organische stof heeft positieve correlatie met aantallen fosfaatmobiliseerders.

Belangrijkste bottleneck is de vraag is of ze bij lage temperaturen in het voorjaar voldoende actief zijn. De fosfaat-behoefte van grassen in het voorjaar zal opgevangen moeten worden door in de eerste bemesting fosfaat te geven.

Mycorrhizaschimmels

Mycorrhizaschimmels zijn een vrij belangrijke groep schimmels die grassen helpen bij de opname van fosfaat, andere mineralen en water. Hierdoor wordt de stressbestendigheid en concurrentie vergroot. Mycorrhizaschimmels zijn vanaf inzaai aanwezig in de bodem indien uitgegaan wordt van grond waar eerder gras op gestaan heeft. Indien grond gebruikt wordt waar geen gras op stond, is het niet zeker of mycorrhizas aanwezig zijn: paragraaf 4.3 laat zien dat grond waar niet eerder gras op stond een relatief lage mycorrhizabezetting heeft. Het is dus belangrijk om uit te gaan van teelaarde waar gras op gestaan heeft, of om mycorrhiza's toe te voegen aan de bodem in een zo vroeg mogelijk stadium. Bij inoculatie van mycorrhizas is het belangrijk om te weten welke mycorrhizas het meest effectief zijn bij de toegepaste grassoorten.

De mycorrhizabezetting van gras neemt langzaam toe met het ouder worden van gras. Bij de analyse van de negen sportvelden waren mycorrhizas in alle gevallen effectief bij gras vanaf ca. 1 jaar oud. Het lijkt daarom nuttig om mycorrhizas het eerste jaar na inzaai te stimuleren, zodat een zo goed mogelijke kolonisatie plaatsvindt. Het percentage organische stof en toediening van compost lijken hier geen invloed op te hebben (zie metingen paragraaf 4.3 en literatuurgegevens paragraaf 3.6).

In alle gevallen dienen nadelige invloeden op mycorrhizaschimmels vermeden worden. Mycorrhizas worden negatief beïnvloed door:

- bemesting,
- pesticiden: vooral fungiciden en ontsmettingsmiddelen vormen een probleem, terwijl herbiciden weinig schade veroorzaken,
- grondbewerking,
- klei is ongunstiger dan zand,
- lage pH.

Ook regelmatig kort maaien heeft een ongunstige invloed op mycorrhizaschimmels, omdat na maaien van het gras minder suikers naar de wortels worden gestuurd. Hierdoor krijgen de mycorrhizaschimmels minder voeding. Van het product Vitalnova (Scotts) dat diverse mineralen en koolhydraten (48% melasse) bevat, wordt geclaimd dat het mycorrhizas stimuleert. De verklaring van het werkingsmechanisme is echter niet duidelijk (planten nemen geen koolhydraten op, dus hoe komen de koolhydraten bij de mycorrhiza's?).

Producten ter stimulering van het bodemleven

Er zijn diverse producten op de markt die ofwel nuttige bodemorganismen bevatten, danwel bepaalde bodemorganismen kunnen stimuleren. Zo zijn er bedrijven die inoculum van mycorrhiza's leveren, terwijl in bovenstaande alinea een product genoemd werd dat mycorrhiza's stimuleert. Bij de toevoeging van mycorrhizaschimmels moet rekening gehouden worden met de juiste soortensamenstelling voor sportgras.

Bacteriepreparaten bestaande uit mengsels van nuttige bacteriën worden aangeboden door verschillende bedrijven. De werking van dergelijke producten is echter vrij vaag. Bovendien kan verwacht worden dat in een bodem met een grote diversiteit aan bacteriën, de toevoeging van een bacteriepreparaat niet veel effect zal hebben. Ook stoffen ter stimulering van het bodemleven worden aangeboden. Voorbeelden zijn kleimineralen, sporenelementen, vitaminen, huminezuren, etc. Ook hiervan is de werking niet altijd onomstotelijk vastgesteld.

Een andere groep producten zijn de biologische bestrijders die heel specifiek één bepaalde schadelijke soort aanpakt. *Heterorhabditis bacteriophora* (ProGrasS) is een nematode die engerlingen van de rozenkever kan bestrijden. En sinds begin 2005 is er een nieuwe biologische bestrijder van emelten beschikbaar: Capsanem (Koppert). Het bevat de parasitaire nematodensoort *Steinernema carpocapsae*.

Tot slot zijn er producten die de kieming versnellen of een betere plantengroei geven, zonder tussenkomst van het bodemleven. Een voorbeeld is het mengen van zaad met een combinatie van stoffen waaronder het plantengroei-hormoon cytokinine en enzymen (Advanta). Zodevorming kan versneld worden door het gebruik van halmverkorters (CCC en Moddus). Een andere groep stoffen zijn oppervlakte actieve stoffen, zogenoemde surfactants, die een betere waterverspreiding door de bodemgeven en de nutriëntenopname kunnen vergemakkelijken. Strikt genomen vallen deze producten niet binnen deze deskstudy, omdat ze het bodemleven niet stimuleren. Interessant is wel dat sommige bacteriën in staat zijn om plantengroeihormonen en surfactants te produceren.

5.5 Mogelijkheden via graszaad

Via het graszaad zijn er in principe verschillende manieren om het bodemleven in sportvelden te verbeteren. Dit kan bijvoorbeeld door:

- veredeling van de rassen,
- inbreng van endofyten in het ras,
- coaten of mengen van zaad met nuttige bacteriën of schimmels.

Via veredeling zouden dieper wortelende rassen ontwikkeld kunnen worden. De huidige rassenmengsels zijn beschikbaar gekomen vanuit de landbouw, waar men gericht is op gewasproductie. Bij sportvelden zijn bijvoorbeeld beworteling en uitstoeling belangrijker dan de grasproductie! Er worden nu mengsels ontwikkeld die specifiek zijn voor de eisen die aan sportgrasvelden gesteld worden. Een diepere beworteling zorgt voor een diepere actieve bodemlaag, met als gevolg meer bodemleven.

Het inbrengen van specifieke schimmelendofyten in grassen is veel onderzoek aan gedaan in de 80-er jaren. De positieve eigenschappen t.a.v. droogte tolerantie, reductie van vraat door insecten en predatie door nematoden, verhoogde opname van mineralen, komen echter niet tot uiting bij de Nederlandse lage temperaturen en voor gras goede groeiomstandigheden.

Mogelijk kunnen andere bacteriën en schimmels, ingebracht in het graszaad (endofyten) of gemengd met het zaad, wel positieve resultaten leveren. Interessant zouden bacteriën zijn die de wortelgroei bevorderen, of die stikstof uit de lucht binden.

Er zijn echter ook andere ontwikkelingen om via graszaadtechnologie de vestiging van een grasveld te versnellen. Kieming van zaaizaad kan aanzienlijk versneld worden door:

- zaaizaad te primen (specifieke techniek van voorkiemen),
- mengen van graszaad met speciale meststoffen of plantengroeihormonen.

Deze ontwikkelingen hebben echter niet specifiek met bodemleven te maken, maar zijn interessante maatregelen om vooral de eerste periode na zaai te versnellen. De eerste periode na zaai zijn de te verwachten effecten van bodemleven misschien beperkt, omdat het bodemleven tijd nodig heeft om op gang te komen en de temperaturen na inzaai soms nog relatief laag zijn. Daarmee zijn bovengenoemde maatregelen een belangrijke aanvulling op wat er met bodemleven bereikt kan worden.

5.6 Aanbevelingen ter stimulering van het bodemleven

Stimulering van het bodemleven in sportgrasvelden is vooral tijdens de aanleg van nieuwe velden van belang. Bij de start van een nieuw veld is het belangrijk dat de juiste bodemorganismen al bij zaai aanwezig zijn. Bovendien wordt tijdens de aanleg bepaald wat de samenstelling van de bodem zal zijn. Het is belangrijk dat tijdens de aanleg rekening gehouden wordt met wat een gunstige omgeving voor de bodemorganismen is.

De kennis t.a.v. bodemleven en sportgrasvelden die in de voorafgaande paragrafen is beschreven, leidt tot de volgende aanbevelingen ter stimulering van het bodemleven:

Aanleg

- **Milieukundige kwaliteit** van te gebruiken zand of teelaarde laten analyseren, zodat aanvoer van grond met te hoge doses giftige stoffen voorkómen wordt. (NEN 5740 t.a.v. zware metalen en PACS).
- **Teelaarde** in de toplaag gebruiken bij aanleg van een volledig nieuw veld. Er kan volstaan worden met 10% van een goede teelaarde, bij voorkeur teelaarde met een grashistorie. Het doel hiervan is nuttige micro-organismen (zoals mycorrhiza) die het bodemleven of de grasgroei stimuleren vroegtijdig te introduceren.
- **Organische stof** in de toplaag (12 cm) moet vanuit het oogpunt van een actief bodemleven minimaal 2% zijn.
- **Organische stof** mag zowel van teelaarde als van compost afkomstig zijn. Bij gebruik van **compost** is het belangrijk om een composttype met voldoende stabiele humus te gebruiken. Compost moet voldoen aan het BOOM-besluit, wat ervoor garant staat dat de concentraties zware metalen voldoende laag zijn.
- **Klei en lutum** gehalte in de toplaag (12 cm) dienen vanuit het oogpunt van een actief bodemleven minimaal of afwezig zijn.
- **Nematodenanalyse**: Bij gebruik van teelaarde is het aan te raden de schadelijk nematoden te laten analyseren. Net ingezaaid gras is namelijk veel gevoeliger voor nematodenschade dan een gevestigde mat. Van de meeste nematodensoorten is bekend wanneer er sprake is van een lichte of zware besmetting voor gras. Het wel of niet optreden van schade door nematoden hangt af van de groeiomstandigheden van het gras; onder stressomstandigheden kan schade optreden. Bij hoge nematodenpopulaties in de bodem en bij renovatie of nieuwe inzaai kan schade ontstaan door het wegvallen van planten.

Onderhoud

- **Overbemesten voorkomen** door aan te sluiten bij de ondergrens van bemestingsadviezen. Te veel bemesting is veelal ongunstig voor het bodemleven. Bij een hoge P gift, zullen mycorrhiza's zich minder ontwikkelen.
- **Niet te snel stikstof geven**. Hoewel stikstof een mooi groen grasveld geeft, zijn de effecten ondergronds op wortelontwikkeling niet altijd positief. Veel stikstof zorgt ook voor een gevoelig gewas t.a.v. schimmelziekten.
- **Fosfaat** alleen vroeg in voorjaar met een geringe hoeveelheid opneembare P bijbemesten. In de rest van het jaar kunnen, vanwege de hogere temperaturen, bacteriën en mycorrhiza's de in de bodem aanwezige P beschikbaar maken voor de plantenwortels.
- **Middelen ter stimulering van het bodemleven**: Het is moeilijk om een uitspraak te doen over de werkzaamheid van dergelijke middelen. Er is geen garantie dat dergelijke middelen effectief zijn. Bovendien kan de effectiviteit afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden. Het wordt aanbevolen om bij gebruik van dergelijke middelen altijd zelf een controle op effectiviteit in te bouwen (onbehandeld en behandeld vergelijken).

6. Literatuurreferenties

- Alexander, M., 1977.
Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons, 2nd ed., 467 pp.
- Auge, R.M., 2001.
Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3-42.
- Azcon-Aguilar, C. & J. M. Barea, 1996.
Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens - an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6: 457-464.
- Boogaard, M., 2002.
Onderhoud van grassportvelden. 2^{de} herziene uitgave. Grontmij Advies & Techniek bv.
- Dobbelaere, S., J. Vanderleyden & Y. Okon, 2003.
Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22: 107-149.
- Duble, R.L., 2004.
Turfgrass fertilization. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/plantanswers/turf/publications/fertiliz.html>.
- Dwarshuis, E., R.E. Labruyère & J. van Bezooijen, 1989.
Ziekten en plagen in grasvelden. In: J.W. Minderhoud, M. Hoogerkamp, J.G.C. van Dam (Eds.), *Handboek grasveldkunde en grasveldbeheer*. Pudoc Wageningen, 83-104.
- Eekeren, N. van, E. Heeres & F. Smeding, 2003.
Leven onder de graszode; discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij. Louis Bolk Instituut LV52. (digitaal via <http://www.louisbolk.nl/downloads/lv52/>).
- Eekeren, N. van, T. Schouten & M. de Visser, 2004.
Bioveem Nieuwsbrief, nr. 9: 2.
- Gange, A.C. & S. J. Case, 2003.
Incidence of microdochium patch disease in golf putting greens and a relationship with arbuscular mycorrhizal fungi. *Grass and Forage Science* 58: 58-62.
- Gange, A.C. & D.E. Lindsay *et al.* 1999.
Can arbuscular mycorrhizal fungi be used to control the undesirable grass *Poa annua* on golf courses? *Journal of Applied Ecology* 36: 909-919.
- Goede, R. de & L. Brussaard, 2001.
Bodembiologisch onderzoek op 12 melkveebedrijven binnen het mineralenproject Vel en VANLA: Effecten van toevoegmiddelen op de bodemfauna en mycorrhiza's. In: Een nieuw milieuspoor. Tussenrapportage mineralenproject Vel en VANLA 1998-2000. F. Verhoeven (ed.) Wageningen Universiteit en Praktijkonderzoek veehouderij. pp. 27.
- Hassink, J., 1995.
Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils. Proefschrift Landbouwniversiteit, Wageningen, 250 pp.
- Hendrix, R., 2000.
Dictaat Bodemkunde biologische landbouw. Ontwikkelcentrum, Ede.
- Hodge, A. & C.D. Campbell *et al.*, 2001.
An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature* 413: 297-299.
- Hodge, A. & D. Robinson *et al.*, 2000.
An arbuscular mycorrhizal inoculum enhances root proliferation in, but not nitrogen capture from, nutrient-rich patches in soil. *New Phytologist* 145: 575-584.
- Hurek, T. & B. Reinhold-Hurek, 2003.
Azoarcus sp. strain BH72 as a model for nitrogen-fixing grass endophytes. *Journal of Biotechnology* 106: 169-178.
- Koide, R.T. & B. Mosse, 2004.
A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza* 14: 145-163.

- Koske, R.E. & J.N. Gemma *et al.*, 1995.
Mycorrhizal fungi benefit putting greens. USDGA Green Section Record 33: 12-14.
- Linderman, R.G., 1988.
Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: the mycorrhizosphere effect. *Phytopathology* 78:366-371.
- Lovell, R.D. & S.C. Jarvis, 1998.
Soil microbial biomass and activity in soil from different grassland management treatments stored under controlled conditions. *Soil Biology & Biochemistry* 30: 2077-2085.
- Malinowski, D.P., & D.P. Belesky, 2000.
Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Science* 40: 923-940.
- McGonigle, T.P. & M.H. Miller *et al.*, 1990.
A new method, which gives an objective measure of colonization of roots by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *New Phytologist* 115: 495-501.
- Minderhoud, J.W., M. Hoogerkamp & J.G.C. van Dam, 1989.
Handboek grasveldkunde en grasveldbeheer. Pudoc Wageningen.
- Newsham, K.K. & A.H. Fitter *et al.*, 1995.
Arbuscular mycorrhiza protect an annual grass from root pathogenic fungi in the field. *Journal of Ecology* 83: 991-1000.
- Pelletier, S. & J. Dionne 2004.
Inoculation rate of arbuscular-mycorrhizal fungi *Glomus intraradices* and *Glomus etunicatum* affects establishment of landscape turf with no irrigation or fertilizer inputs. *Crop Science* 44: 335-338.
- Podeszinski, C. & Y. Dalpe *et al.*, 2002.
In situ turfgrass establishment: 1. Responses to arbuscular mycorrhizae and fertilization. *Journal of Sustainable Agriculture* 20: 57-74.
- Reis, V.M., J.I. Baldani, V.L.D. Baldani & J. Bodereiner, 2000.
Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Critical Reviews in Plant Sciences* 19: 227-247.
- Rudgers, J.A., J.M. Koslow & K. Clay, 2004.
Endophytic fungi alter relationships between diversity and ecosystem properties. *Ecology Letters* 7: 42-51.
- Tan, R.X. & W.X. Zou, 2001.
Endophytes: a rich source of functional metabolites. *Nat. Prod. Rep.* 18: 448-459.

Bijlage I.

Leden Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek (BSenC)

Ledenlijst Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek (BSenC) op 1 april 2006:

1. Agterberg
2. AH Vrij Groenverzorging
3. ARCADIS
4. Barenbrug Holland
5. Begeleiding en Adviesbureau Sportterreinen
6. Bos Graszoden
7. Bouma Sport en Groen
8. Bras Fijnaart
9. DCM Nederland
10. Ingenieursbureau Den Haag
11. Desso DLW Sports Systems
12. Elco
13. J. van Esch
14. GreenFields
15. Grontmij
16. Van de Haar Groen
17. Haifa Chemicals
18. Hay Aerts Grondverbetering
19. Hoek Hoveniers
20. Innoseeds
21. Sportbedrijf De Karpen
22. Van Kessel Sport en Cultuurtechniek
23. Gebr. Kraaijeveld
24. Krinkels
25. Limagrain Advanta
26. Adviesburo De Meent
27. Bosbouw en Cultuurtechniek De Meent
28. Aannemingsbedrijf Van der Meer
29. Nootenboom Sport
30. Sportbedrijf Oosterhout
31. Oranjewoud
32. ProGrasS
33. Queens Grass
34. J. de Ridder
35. Jos Scholman
36. Scotts International
37. Gemeente Tiel
38. Traas & Ovaa
39. Verhoeven Groen
40. Van Zuijlen

Bijlage II.

Geraadpleegde experts

Expert & instelling	Expertise
Jan Rinze van der Schoot, Gerard Borm PPO-AGV, Lelystad	Teeltaspecten graszoden en grasvelden (sport, recreatie, wegbermen)
Coen Ritsema Alterra, Wageningen	Bodem- en watermanagement bij golfterreinen en grasvelden (incl. wetting agents)
Jacqueline Baar PPO-paddestoelen, Horst	Mycorrhiza, inclusief analyses
Carl F.M. Koch Koch Bodemtechniek Eurolab, Deventer	Bodemanalyses, advisering t.a.v. bodemleven
Arthur P. Wolleswinkel Grontmij, Houten	Adviseur Bodemkunde en Cultuurtechniek
Theo van Mierlo BLGG	Bodemanalyses, gespecialiseerd in grasvelden

Bijlage III.

Namen van de in dit rapport genoemde grassoorten

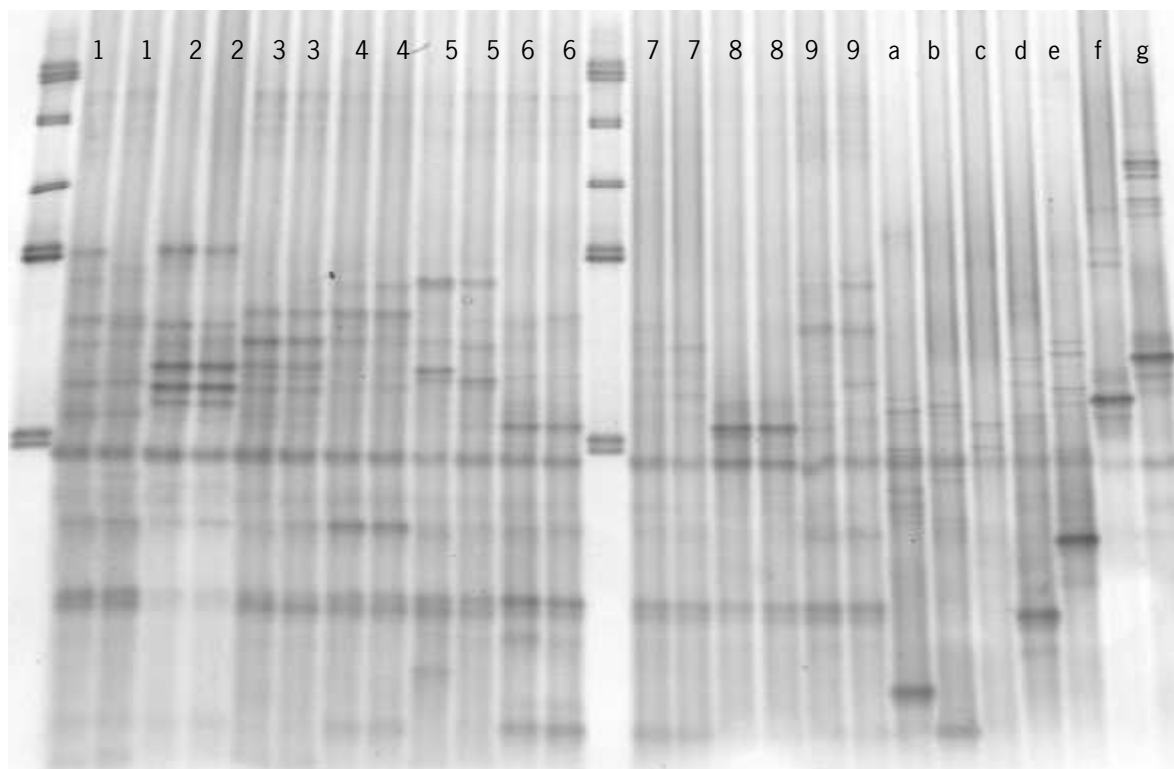
Nederlands	Latijn	Engels (Amerikaans)
Sportveld grassen		
Engels raaigras	<i>Lolium perenne</i>	Perennial ryegrass
Veldbeemdgras	<i>Poa pratensis</i>	Smooth-stalked meadowgrass (Kentucky bluegrass)
Roodzwenkgras	<i>Festuca rubra</i>	Red fescue
Gewoon struisgras	<i>Agrostis tenuis</i> = <i>A. capillaris</i>	Browntop, common bent
Hardzwenkgras en schapegras	<i>Festuca ovina</i> ssps.	Sheep fescue
Andere grassoorten		
Rietzwenkgras	<i>Festuca arundinacea</i>	Tall fescue
Beemdlangbloem	<i>Festuca pratensis</i>	Meadow fescue
Straatgras	<i>Poa annua</i>	Annual bluegrass

Bijlage IV.

Analyseresultaten van de bemonsterde percelen

Biologische gegevens door PRI en PPO-paddestoelen.

Veld	Log bacteriën	Log schimmels	Log P-mob bact.	Log strepto-myceten	mg O ₂ /kg.dag	% Vocht	nbanden Bact	H ⁺ bacteriën	nbanden sch	H ⁺ schimmels	AC%	VC%	HC%	AC/HC
1	7,64	4,89	6,37	6,11	0,69	8,4	32,0	3,23	18,0	2,65	15,3	6,8	63,8	0,22
2	7,78	4,19	6,26	6,19	0,56	6,8	35,0	3,31	21,5	2,70	0,0	3,6	17,4	0,00
3	7,94	4,96	6,35	6,14	0,69	7,8	30,5	3,26	17,5	2,62	16,8	25,3	78,3	0,21
4	7,60	4,77	5,98	5,94	0,33	7,0	33,5	3,33	20,5	2,79	18,4	16,7	64,9	0,28
5	7,98	4,90	5,79	6,01	0,95	11,7	41,0	3,52	21,5	2,79	0,0	0,6	4,6	0,00
6	7,21	4,55	6,19	6,26	0,68	11,4	42,5	3,45	21,5	2,82	31,5	32,5	82,7	0,38
7	7,80	5,27	6,14	6,05	0,89	8,1	20,0	2,73	24,0	2,92	20,3	22,7	61,9	0,32
8	7,61	5,30	5,36	5,51	0,18	3,8	18,5	2,59	19,0	2,63	2,2	1,7	19,0	0,11
9	7,51	4,53	5,69	5,47	0,71	8,0	30,0	3,19	15,5	2,45	4,4	3,9	28,8	0,16
LSD	0,27	0,34	0,52	0,24	0,42	2,6	8,7	0,36	4,7	0,28	14,3	17,8	21,6	0,16



Figuur. Samenstelling van de nitrificerende bacteriën in de 9 percelen (duplo monsters) en markerbacteriën a t/m g; representatief voor bodem a t/m d en water e t/m g.

