

Wortels: disfunctioneren, achteruitgang en rot

ANAEROBIOSIS (Black Layer)

Anaerobiosis is een keten van gebeurtenissen, plaatsvindend in een zuurstofarme (anaerobische) omgeving. Wanneer de bodem anaerobisch wordt vinden er wijzigingen plaats in zowel de vorm als in de oplosbaarheid van voedingsstoffen. In deze gereduceerde vorm wordt een aantal van deze elementen sneller door de plant opgenomen dan door de stofwisseling van de plant kan worden verwerkt. Hierdoor worden ze voor de plant giftig. Van andere elementen vindt een beperking van de opname plaats. Met water verzadigde bodems bevorderen de groei van anaerobische micro-organismen die voor de plantengroei schadelijke stofwisselingsproducten voortbrengen. Uiteindelijk neemt in een anaerobische bodem de wortelfunctie af. Als resultaat hiervan vermindert het vermogen van de wortels om water en voedingsstoffen op te nemen aanzienlijk, zodat de planten symptomen van gebrek vertonen, zelfs bij voldoende aanwezigheid van voedingsstoffen in de bodem.

Anaerobiosis is een veel voorkomend en belangrijk probleem bij het beheer van sportveldgrassen. De conditie wordt, wanneer in een zandige omgeving aangetroffen, in het algemeen aangeduid met de term Black Layer. Anaerobiosis komt ook voor in greens die met een mix van zand, aanwezige bodem en organisch materiaal zijn opgebouwd; de klasieke 'Black Layer' is dan echter minder goed zichtbaar.

Diagnostische hulpmiddelen

De eerste indicatie van anaerobiosis is een progressieve achteruitgang van de mate van wateropname. Tevens vindt er een geleidelijke afname van de vitaliteit van het gras plaats. De planten krijgen een bleekgele tot gele kleur. De zode wordt dunner, verkleurt nog meer naar bruin en sterft af, in het bijzonder op lage en druk belopen plaatsen van de green. De wortelontwikkeling neemt af en houdt op een gegeven moment zelfs helemaal op. Doorzaaien lukt niet meer, behalve op plaatsen waar beluchtinggaten, gevuld met doorlaatbare topdressing, door de onderliggende anaerobische laag steken.

In de meer vergevorderde stadia van anaerobiosis ontwikkelen zich Black

Layers in het bodemprofiel. Deze lagen kunnen zich vormen in de bodem onder de graslaag of elders (bijv. zandbunkers). Hun dikte is variabel. Ze kunnen voorkomen in de bovenste 2,5 tot 5 cm van de bodem, maar ook op dieptes van 10 tot 15 cm of meer. Soms komen meerdere lagen in het bodemprofiel voor en ze kunnen vlak of golvend verlopen. Heel vaak komt aan de oppervlakte algengroei voor. Wanneer de bodem met water is verzadigd vormen zich vaak grote hoeveelheden zwavelwaterstof die uitgestoken pluggen naar rotte eieren doen ruiken. Deze geur is bij een droge black layer nauwelijks waar te nemen. Uit de black layer gestoken pluggen kunnen slijmachtig aanvoelen en een fijne kristalstructuur vertonen. Infiltratie van water in de black layer is moeilijk. Het effect van anaerobiosis op de plantengroei kan zowel chronisch als acuut zijn. Het kan voorkomen lang vóór enig nadelig effect op de plantengroei zichtbaar wordt.

Een overzicht van anaerobiosis

Anaerobiosis is het gevolg van een met water verzadigde bodem door herhaalde overstroming, lange regenperiodes, teveel beregening of ontoereikende drainage als gevolg van ofwel verdichting, de aard van de wortelzone of de vorming van ondoordringbare lagen in de bodem.

Hoe ondoordringbare lagen ontstaan

Voor water ondoordringbare lagen in het zaaibed of in zandige greens kunnen zich ontwikkelen als gevolg van onjuiste verhoudingen van de afmetingen van de bodemdeeltjes en/of het optreden van een geleïchtige substantie (biofilm) die zowel de capillaire als de niet-capillaire poriën verstopt.

Onjuiste verhouding van de deeltjes

Wanneer voor topdressing materiaal wordt gebruikt dat afwijkt van de aanwezige toplaag en dit materiaal wordt niet op een goede manier met de bovenlaag geïntegreerd zullen zich onder de oppervlakte lagen met verschillende structuren vormen. Wanneer zo'n topdressing niet tot zelfs de kleinste hoeveelheden goed door de toplaag wordt gewerkt kan dit aanleiding geven tot het vormen van lagen. De reden hiervoor is

dat de benedenwaarts gerichte stroming van water in de bodem wordt gehinderd wanneer het water verschillende texturen moet doorstromen. De blokkade komt het meest voor waar een fijne textuur boven een grove textuur ligt. In bodemwater bevinden zich opgeloste stoffen en deeltjes zand, klei en organisch materiaal. Wanneer de neerwaartse stroomsnelheid afneemt ten gevolge van zelfs de geringste textuurwisseling wordt al deeltjesmateriaal afgezet. De totale poreusheid van de bodem neemt door deze afzetting af. Dit betekent dat het water dat later door deze zone moet vloeien nog meer wordt vertraagd en nieuwe afzettingen veroorzaakt. Door dit proces ontstaan afzonderlijke lagen die de waterverplaatsing geheel kunnen blokkeren. Fig. 8-1 geeft weer hoe hierdoor een zogenaamde schijngrondwaterspiegel kan ontstaan.

Het vergaan van graswortels kan ook aanleiding geven tot het ontstaan van ondoordringbare lagen in de greens.



Oranjewoud

Tijdens de warme maanden in de late lente en de zomer sterft een groot gedeelte van de wortelmassa van struisgrassen (*Agrostis* spp.) en straatgras (*Poa Annua*) af. Hierdoor ontstaat een sponsachtige organische mat die zich als textuurbarrière manifesteert waardoor de grondwaterstroming in snelheid afneemt en organisch en mineraal materiaal wordt afgezet. Wanneer geen corrigerende maatregelen worden getroffen zal het watervasthoudend vermogen toenemen. Ook zal een schijngrondwaterspiegel, vergezeld van anaerobiosis, op de textuurgrens ontstaan wanneer een zode met een fijne textuur boven op een grove bodem wordt aangebracht (Fig. 8-2).

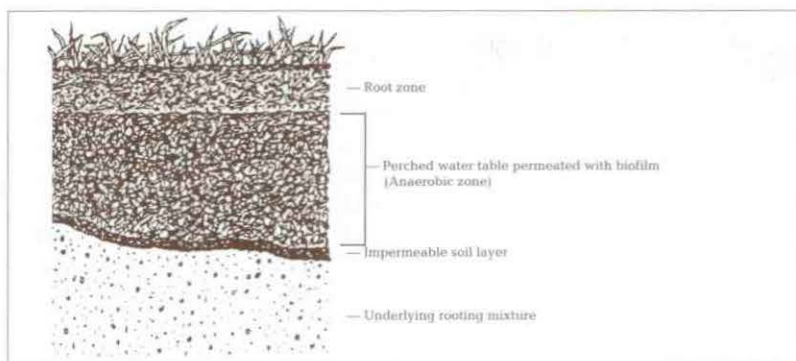


Fig. 8-1 Doorsnede van de wortelzone van een zandgreen met daarin een ondoordringbare laag en een schijngrondwaterspiegel doortrokken met biofilm

De vorming van biofilm

Bij een langdurige waterverzadiging ontwikkelen zich vaak lagen biofilm die een verdere negatieve invloed op de grondwaterstroming uitoefenen en anaerobiosis in de hand werken. Een biofilm is een samenstelling van bacteriële cellen die d.m.v. een polysaccharide bevattend slijm, bekend staand als "glycocalyx", omsloten en verbonden is met natte deeltjes klei, zand en organisch materiaal. De slijmcomponent van de biofilm bevat een groot aantal kettingachtige moleculen (polymeren) die een sponzige waterabsorberende matrix vormen waarin de bacteriën kunnen overleven en voedingsstoffen worden geconcentreerd. Deze polymeren kunnen zich tot ver buiten de gebieden van microbiële groei uitstrekken en creëren zo een veel grotere biomassa dan alleen door de bacteriën zou zijn gevormd.

Aanvankelijk binden de bacteriën zich aan de bodem- en zanddeeltjes en aan de wortels en vormen een samenhangende kleurloze biofilm. In dit stadium bevat de biofilm een aantal bacteriesoorten die onderling concurreren om voedingsstoffen, water en zuurstof. De soorten die niet onderling concurrerend zijn zullen uiteindelijk domineren en kunnen dan vrijelijk in aantal groeien. De groeiende biofilms dijen uit en verbinden zich met de naastgelegen biofilms, zodoende wordt een veel grotere biomassa gevormd. De zich ontwikkelende biomassa verstopt de capillaire poriën en vormt strengen in het water van de grotere porieruimtes, waardoor de stroming van dat water wordt geblokkeerd, evenals het transport van zuurstof en voedingsstoffen in de wortelzone.

Wanneer de biomassa doorgaat met

groeien kan zuurstof niet langer in de massa doordringen. De bacteriën dichtbij de oppervlakte zijn bacteriën die zuurstof nodig hebben (aerobisch), terwijl het midden van de massa wordt bezet door anaerobe soorten, inclusief de soorten die zwavel afbreken en niet alleen geen zuurstof nodig hebben, maar er zelfs

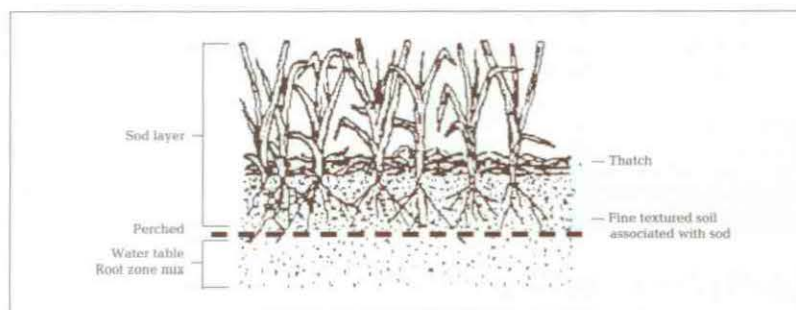


Fig. 8-2 Ontstaan van een schijngrondwaterspiegel wanneer een zode met een fijne textuur op een grove onderlaag wordt geplaatst

inactief door zouden worden. In deze toestand vindt er een constante uitwisseling van organisch materiaal en voedingsstoffen plaats tussen de aerobische en anaerobische zones van de biomassa. Tevens worden metaalelementen (vooral ijzer en mangaan) in de slijmmatrix en in de celwanden van de bacteriën opgesloten.

De voor de ontwikkeling van de biomassa primair benodigde stoffen zijn koolstof, stikstof en zwavel.

Afscheidingsproducten van de wortels, ontbindend wortelmateriaal en aan de wortelzone toegediend organisch materiaal zijn de voornaamste bronnen van koolstof voor de bacteriën die de biofilm vormen. Tevens wordt organisch koolstof geproduceerd door blauwgroene algen en, in sommige gevallen, ook organisch stikstof uit anorganische bronnen wat ook vorming van biofilm kan bevorderen. Bij stikstofbemesting zal de vorming van biofilm op grotere schaal plaats vinden op die gebieden waar ureum wordt toegepast dan daar waar ammoniumsulfaat

of ammonsalpeter wordt gebruikt (tabel 8-1). Dit komt waarschijnlijk door het feit dat de stikstof in het ureum makkelijker door de zwavelafbrekende bacteriën wordt opgenomen.

Zwavel is een belangrijke voedingsstof voor een aantal biofilmvormende bacteriën. De reden van het zwart worden van de biomassa's is gelegen in de vorming van metaalsulfiden (vooral ijzer- en mangaansulfide). Deze sulfiden zijn het product van een reactie waarin door bacteriën gevormde waterstofsulfide met de gereduceerde vorm van deze elementen reageert (bijv. ijzer- en mangaanionen) en niet oplosbare sulfiden worden geproduceerd.

Bacteriën die sulfiden kunnen produceren zijn in twee hoofdgroepen in te delen. De eerste groep bevat veel soorten die zwavel bevattende aminozuren in

eiwitten afbreken en zwavelwaterstof losmaken. In het laagorganische milieu van zandige greens kan zwavelwaterstof worden geproduceerd door de afbraak van zowel zwavel als sulfaat. Dit geschiedt alleen bij afwezigheid van zuurstof door een groep gespecialiseerde bacteriën, bekend als "ongelijke zwavel- of zwavelafbrekende bacteriën". Aangezien er tijdens het zwart verkleurende ontwikkelingsstadium in de biofilm een tekort bestaat aan organische stikstofbronnen is het aannemelijk dat sulfide door deze soorten wordt geproduceerd.

Slechts één soort van zwavelafbrekende bacteriën (*Desulfuromonas*) is in staat elementair zwavel om te zetten naar zwavelwaterstof. Alle overige soorten gebruiken hiervoor sulfaat. Wanneer het beregenings- of irrigatiewater veel sulfaat bevat en er geen elementair zwavel aan de greens wordt toegevoegd zal de vorming van de zwarte biofilm plaatsvinden door de grote groep van sulfaatafbrekende soorten. Wanneer elementair

zwavel aan de greens wordt toegediend worden *Desulfuromonas* de grootste bacteriële component van de biofilm. Het is belangrijk te weten dat toediening van elementair zwavel op zandgreens niet noodzakelijk de oorzaak is dat slijmlagen zwart verkleuren.

Er bestaat een directe relatie tussen de mate van watertoediening en vorming van biofilm. De aanvaardbare infiltratiesnelheid voor zandgreens is 15-31 cm per uur. Wanneer deze afneemt tot 7-19 cm per uur worden zandgreens gevoelig voor de vorming van biofilm. Bij een nog lagere infiltratiesnelheid (3,8-7 cm per uur) wordt zwarte biofilm zichtbaar en bij verdere afname tot 1,8-3,3 cm per uur kunnen zich lagen van met zwarte biofilm geïmpregneerd zand vormen (tabel 8-2).

De gezamenlijke lagen biomassa bestaan uit afzonderlijke in vorm en grootte variërende slijmformaties, van sferische massa's met een diameter van 2 mm tot complexe vlakke samenstellingen met afmetingen tot zelfs 98 x 71 x 19 mm. Soms komen buiten de hoofdlagen verspreid in de wortelzone bijzonder kleine (0,2-1 mm) intens zwarte sferische massa's voor. Het kan voorkomen dat ze zich aan de wortels hechten. De grotere platte massa's bestaan uit een aantal horizontale, enigszins golvende lagen die zich naar buiten toe plaatvormig uitstrekken. De buitenste platen zijn aan de binnenste bevestigd door middel van verbindende laterale platen. Anaerobiosis wordt verder in de hand gewerkt door afsluiting van de bodem door stof of door blauwgroene algen. In gebieden met vaak optredende stofstormen, zoals de prairiegebieden in Canada en in het midden westen van de USA wordt de oppervlakte afgesloten door inwaai van klei en leem. Blauwgroene algen produceren slijmstof, slijm en andere organische producten die poriën in de bovenste 2,5 cm van het zand verstoppen. Deze substanties binden zanddeeltjes en zijn bijzonder hydrofiel. Ten gevolge hiervan neemt de luchtruimte in het zand af en vermindert de uitwisselingssnelheid van gassen tussen de lucht en de wortelzone en zien we een drastische achteruitgang van de infiltratiesnelheid van water. Zelfs bij spaarzaam beregenen blijft de bovenste 2,5 cm van de bodem nat.

Een hoog aandeel nitraat en oplosbare zouten draagt ook bij tot anaerobische

Treatment	Rate		Severity of Black Layer*
	1000 ft ²	93 m ²	
Ammonium nitrate	0.5 lb N	0.23 kg N	2.0
Ammonium nitrate + colloidal sulfur + ferrous sulfate	0.5 lb N 2.0 lb 2.0 lb	0.23 kg N 0.90 kg 0.90 kg	1.5
Urea	0.5 lb N	0.23 kg N	3.0
Urea + colloidal sulfur + ferrous sulfate	0.5 lb N 2.0 lb 2.0 lb	0.23 kg N 0.90 kg 0.90 kg	3.2
Ammonium sulfate	0.5 lb N	0.23 kg N	1.7
Ammonium sulfate + colloidal sulfur + ferrous sulfate	0.5 lb N 2.0 lb 2.0 lb	0.23 kg N 0.90 kg 0.90 kg	2.5

*Rating based on 0 to 5 scale where 0= no symptoms and 5= death of all plants

Tabel 8-1. Relatie tussen stikstofbestedingsbronnen, zwavel en ijzer op de ontwikkeling van de black layer fase van anaerobiosis

Infiltration Rate per Hour		Black Layers Status
Inches	Centimeters	
>7.0	>17.8	Excellent permeability, no black layer
2.8-7.0	7.0-17.8	Good permeability, occasional traces of black layer
1.5-2.7	3.8-7.0	Poor permeability, black layer present
0.7-1.3	1.8-3.3	Very poor permeability, black layer serious
0.2-0.6	0.5-1.5	Almost impervious to water, black layer dominant
<0.2	<0.5	Impervious to water, black layer, very aggressive

Tabel 8-2. Relatie tussen de infiltratiesnelheid en de mate van anaerobiosis in een green met wit struisgras, afgemeten naar de ontwikkeling van Black Layer

condities doordat de dampspanning van het bodemwater afneemt met als gevolg dat de transpiratieverdamping moeilijker verloopt en de planten zichzelf niet goed meer kunnen afkoelen. Wanneer beregeningswater wordt betrokken uit vijvers of sloten die veel fijne zwevende deeltjes bevatten zullen deze deeltjes in het zandige profiel terecht komen en bijdragen tot een blokkade van de verticale waterverplaatsing.

Wanneer eenmaal anaerobische omstandigheden zijn ontstaan neemt denitrificatie (omzetting van nitraat naar onbruikbaar stikstofgas) toe en worden mangaan, ijzer en zwavel gereduceerd tot voor de plant niet opneembare vormen. Tevens ontwikkelen zich giftige bijproducten van anaerobische ontbinding, zoals ferrosulfide, azijnzuur, boterzuur en fenolzuur, ethyleen, methaan en waterstofsulfide. Verder worden door de anaerobische micro-organismen voor de plantengroei ongunstige stofwisselingsproducten afgescheiden.

Wanneer ethyleen, methaan en waterstofsulfide in een zuurstofarme bodem wordt vastgehouden zullen de wortels in korte tijd afsterven. Bijvoorbeeld, gebaseerd op biologische aannames dat (a) er zich 7,4 gram wortelmassa van struisgras bevindt op een diepte van 20,3 cm onder een plug met een diameter van 10 cm en (b) dat de poreusheid van de bodem 30 % bedraagt en (c) dat 0,2 ml zuurstof per uur per gram wortelweefsel wordt

opgenomen en (d) dat lucht 210 ml zuurstof per liter bevat en de transpiratieverdamping plaatsvindt bij een snelheid van 75 mm per dag en (e) dat de laterale diffusie van gassen aanzienlijk wordt bemoeilijkt door overmatig vocht in de bodem; en de meer agronomische aannames dat (f) algen of stof de oppervlakte hebben afgesloten, (g) er een schijfgrondwaterspiegel bestaat op een diepte van 10 cm, (h) dat het capillaire water anaerobisch is geworden en (i) dat 70% van de wortelmassa zich in de bovenste 10 cm van de bodem bevindt, dat in 9,7 dagen tijd alle zuurstof uit de wortelzone zal zijn opgebruikt en het afsterven van de wortels begint. Verder geldt dat indien aanvullende omstandigheden als een hoge luchtvochtigheid, grote hoeveelheden direct beschikbaar stikstof, een hoog niveau oplosbare zouten en geen transpiratieverdamping plaatsvindt; in ongeveer 70 uur alle zuurstof in de wortelzone zal zijn opgebruikt en afsterven van het wortelweefsel begint.

Beheersing

Een cruciaal element van de beheersing van anaerobiosis is het herhaaldelijk controleren van de infiltratiesnelheid van water. Metingen van de penetratiesnelheid van water in de viltlaag en de verticale stroomsnelheid door de onderliggende wortelzone kunnen worden gedaan met behulp van een infiltratie-

ter. De initiële infiltratiesnelheden dienen ter referentie gemeten te worden op geselecteerde gedeeltes van elke green en moeten worden genoteerd.

Tweewekelijkse metingen moeten tijdens het groeiseizoen op dezelfde plekken worden genomen. Bij de eerste aanwijzing dat er een afname plaatsvindt, zelfs als dit onbeduidend lijkt, moet de oorzaak worden vastgesteld en onmiddellijk geëigende maatregelen worden genomen.

Preventie van anaerobiosis vereist een aantal stappen om de vorming van lagen met verschillende textuur te voorkomen. Elke verandering in de textuur van dresmateriaal kan eventueel resulteren in laagvorming. Daarom is het, ongeacht welke verandering van de samenstelling, zeer wenselijk dat de overgang ertussen geleidelijk verloopt. De eenvoudigste methode om een geleidelijk verlopende bodemtextuur te verkrijgen is het uitvoeren van een intensieve beluchting in de vroege herfst en de propfen te vermalen en te mengen met een relatief zware topdressing met het nieuwe materiaal. Deze procedure moet elke herfst worden herhaald. Deze topdressings moeten worden toegepast gedurende de tijd dat herhaald maaien nodig is. Ze moeten vaak en in lichte mate worden toegevoerd overeenkomstig de mate van grasgroei.

Zowel beluchten met kleine holle pennen als met volle pennen moet worden toegepast op greens waarvan is vastgesteld dat grote massa's afgestorven wortelweefsel in de late lente of de vroege zomer de neerwaartse beweging van het water belemmeren. Wanneer elke behandeling wordt gevolgd door een lichte topdressing en inslepen van het materiaal zal de bodemintegriteit toenemen. Ook zal door het opdressen het gevaar van te hoge concentraties organisch materiaal direct onder de oppervlakte afnemen. Deze procedure is bevorderlijk voor een goede infiltratiesnelheid en voor nieuwe wortelgroei tijdens de rest van het zomerseizoen. De cultivatie in de herfst moet op zo'n manier worden uitgevoerd dat de vergane wortels en minerale bodemdeeltjes met een fijne textuur die zich gedurende de voorgaande maanden in de wortelzone hebben opgehoopt grondig worden gemengd met het bodemmateriaal. Een ander belangrijk aspect van een effectieve beheersing van anaerobiosis is

het bestrijden van algen aan de oppervlakte. pH speelt bij de mate van algengroei een grote rol. Greens die zijn aangelegd met basische grond (pH 7,5 of hoger) zijn gevoeliger voor kolonisatie door blauwgroene algen dan greens op zandige bodems met een lagere pH. Evenzo geldt voor beregeningswater dat de algengroei wordt bevorderd door water met een hoge pH. Waar greens overmatig nat worden gehouden zal de algengroei toenemen, vooral op kalkhoudende grond. Gebruik van gebluste kalk als droogmiddel voor het tegengaan van oppervlaktealgen werkt contraproductief. Het korte termijn voordeel van afname van de algengroei ten gevolge van de afwezigheid van vrij water op de bodem en op plantenoppervlakken zal meer dan teniet worden gedaan door de uiteindelijke verhoging van de pH. Het bij het moderne golf horende heel kort maaien draagt ook bij tot de ontwikkeling van blauwgroene algen. Door kort maaien kan veel licht tot op de bodem doordringen en, sinds blauwgroene algen fotosynthetische planten zijn, wordt hierdoor algengroei bevorderd.

De merken Mancozeb en Chlorothalonil zijn in de USA toegelaten voor de bestrijding van algen. Deze producten zijn het meest effectief wanneer ze onderdeel zijn van een preventief beleid. Sinds ze ook een aantal schimmelgebonden ziekten tegengaan kan opname in het reguliere spuitprogramma een tweeledig doel dienen. Wanneer anaerobiosis is geconstateerd heeft het de eerste prioriteit om het zuurstofniveau in de wortelzone te verhogen. Dit kan plaatsvinden d.m.v. beluchting en een nauwkeurige bewaking van het beregeningsprogramma. Omdat bij het beluchten een groot gedeelte van de grond kan worden verwijderd kan een groot volume lucht in de anaerobische zone binnendringen. Het beluchten moet voor een zo gunstig mogelijk effect plaatsvinden tot onder de storende lagen en, voor een zo klein mogelijke verstoring van het speeloppervlak, met inzet van kleine holle pennen. Grotere pennen dienen alleen tijdens het voor- of het najaar te worden gebruikt. Bij het waterbeheer tijdens anaerobische omstandigheden moet ervoor worden gezorgd dat het vochtgehalte in de bodem zodanig is dat de planten het vocht kunnen opnemen tot beneden de veldcapaciteit tussen twee beregeningen. Om dit te bereiken is frequent licht neve-



Hooge Graven

len, in combinatie met handmatige beregening van de aangetaste greens nodig. Tijdens periodes met hoge neerslag is het van belang te controleren of de drainage op alle delen van de green goed werkt. Ook kan vermindering van het aantal speelrondes tijdens zulke weersomstandigheden de ernst van het probleem verminderen. Hoge stikstofbemesting moet in deze periode worden vermeden, vooral het gebruik van ureum. Wordt bemesting toch nodig geacht moet het in kleine hoeveelheden gebeuren met een uitgebalanceerd mengsel van stikstof, fosfor en kalium. Als de procedures om het acute probleem aan te pakken eenmaal in werking zijn is de volgende prioriteit het vaststellen van de aard en de ernst van de drainagebarrières en van de procedures van bestrijding. Verzamel zoveel mogelijk informatie over de constructie en de cultivatieprocedures van de betreffende green, over de textuur van het zaaibed en over de samenstelling van de wortelzone, uniformiteit van de diepte van het zaaibed, types en frequentie van cultivatie en de historie van het opdressen. Gedetailleerde inspectie kan helpen om vast te stellen of het probleem een gevolg is van verdichting, van ondoordringbare lagen of van ontoereikende drainage. Met deze informatie kan een corrigerend plan van aanpak worden gevormd.

Diep beluchten zal de problemen met anaerobiosis als gevolg van ondoordringbare lagen in de wortelzone verminderen. Verscheidene middelen die op dieptes van 5-41 cm kunnen doordringen zijn verkrijgbaar, variërende van boren, rechte messen en holle pennen. De juiste materiaalkeuze, de keuze van het bewerkingstijdstip, de frequentie en de juiste vochtigheidsgraad van de bodem ten tijde van de bewerking vereist een goede kennis van alle technieken en van de precieze aard van de fysieke problemen.