

Trilveenvegetatie herstellen met oppervlaktewaterbevloeiing

Door verzuring veranderen zeldzame basenminnende trilveenvegetaties in vegetaties met dominantie van veen- en haarmossen. Bevloeiing met basenrijk en nutriëntenarm oppervlaktewater kan een kansrijke optie zijn voor behoud en herstel van trilveenvegetatie. We beschrijven de effecten van bevloeiing in een veld-experiment en geven een analyse van de duur van bevloeiing die nodig is om een hoge basenrijkdom te behouden en herstellen.

Camiel Aggenbach, Gijsbert Cirkel, Casper Cusell, Gijs van Dijk & Annemieke Kooijman



Foto 1. Bevloeiingsexperiment op locatie De Vlakte in de Wieden. (Foto: Camiel Aggenbach)

In de kraggeverlandingen in laag-Nederland is verzuring een dominante trend in basenrijke en nutriëntenarme kraggeverlandingen, die behoren tot het habitattype H7140A: overgangs- en trilvenen (trilvenen). Naast verdroging en eutrofiëring is verzuring de belangrijkste reden dat dit habitattype zeldzaam is geworden (Kooijman et al., dit nummer). De verzuring is een natuurlijk proces in de successie van kraggeverlandingen, dat optreedt als gevolg van dikker wordende kraggen en isolatie van het oppervlaktewater, maar het proces wordt de laatste decennia versneld als gevolg van atmosferische stikstofdepositie, verdroging en vermindering van kwel (Van Diggelen et al., 2018).

Hierdoor zijn typische vegetatietypen en bepaalde soorten van trilvenen versneld verdwenen, waarbij vooral soorten kenmerkend voor de associatie van schorpioenmos en ronde zegge (09B3a) er niet goed voor staan in Nederland. Deze vegetatietypen behoren echter tot de meest soortenrijke leefgemeenschappen van het Nederlandse laagveenlandschap en bevatten zeer veel beschermde soorten. Versnelde successie van bestaande trilvenen is dan ook ongewenst, waarbij het uitblijven of

zeer langzaam op gang komen van nieuwvorming van trilvenen in nieuw gegraven petgaten het probleem in veel Nederlandse laagveengebieden versterkt (Kooijman et al., 2018).

Trilveenvegetaties hebben basenrijke omstandigheden nodig, waarbij het kationadsorptiecomplex veel calcium (Ca^{2+}) bevat en de bicarbonaat-concentraties (HCO_3^-) en de pH in het bodemvocht hoog zijn. Verzuring treedt op binnen enkele decennia en gaat gepaard met afname van de calciumbezetting van de veenbodem (Van Wirdum, 1991). Door kunstmatige overstrooming (bevloeiing) met basenrijk en nutriëntenarm oppervlaktewater zouden trilveenvegetaties langduriger in stand kunnen worden gehouden (Cusell et al., 2013). Ook zou bevloeiing als herstelmaatregel toegepast kunnen worden voor het herstel van trilveenvegetaties en basenrijke vormen van veenmosrietlanden vanuit al sterker verzuurde stadia. Dit alles met het doel om de resterende bronpopulaties van trilveensoorten in stand te houden en waar mogelijk wat uit te breiden, zodat er voldoende bronlocaties beschikbaar zijn zodra nieuwe trilveenvegetaties in nieuw gegraven petgaten daadwerkelijk ontstaan

(een proces dat decennia kan duren).

De verwachting is dat aanvoer van basenrijk oppervlaktewater over het maaiveld zal leiden tot hogere calcium- en bicarbonaat-concentraties in het porievocht van de top laag van de kragge. Daardoor kunnen de calciumbezetting en de pH van de bodem toenemen. Het bevloeiingswater voert echter ook stikstof, sulfaat en fosfaat aan en vormt daarmee ook een risico voor eutrofiëring. Om inzicht te krijgen in het netto-effect van de potentiële voor- en nadelen, en daarmee een beeld te krijgen van de effectiviteit van de maatregel, is bevloeiing van trilvenen onderzocht in een OBN-studie (Aggenbach et al., 2020). Allereerst is in de Wieden een experiment uitgevoerd in trilveenvegetatie met beginnende verzuring en sterker verzuurd veenmosrietland. Daar zijn de effecten van vier jaar bevloeiing op de basen- en nutriëntenhuishouding en vegetatie geëvalueerd. Op deze manier kon echter geen inzicht verkregen worden in de potentiële langetermijneffecten van bevloeiing op trilvenen. Daarom is tevens met stofbalansberekeningen voor uiteenlopende situaties uitgerekend hoe lang bevloeid moet worden om een hoge

basenrijkdom te herstellen in verzuurde kraggen, waarbij ook berekend is hoeveel stikstof, fosfaat en sulfaat door bevloeiing wordt aangevoerd.

Bevloeiingsexperiment in de Wieden

Gedurende 2016 tot en met 2019 vond in twee percelen aan de zuidoostkant van de Wieden (De Vlake en Boers) een bevoeiings-experiment plaats (foto 1). In beide percelen werd lokaal oppervlaktewater naar twee bevoeiingsunits gepompt (fig. 1). Elke bevoeiingsunit bestond uit een geperforeerde slang van 20 tot 30 m lengte (een dripslang) in een al bestaande overgang van trilveenvegetatie met schorpioenmossen (09B3a) naar veenmosrietland. Deze slangen zorgden voor aanvoer van basenrijk oppervlaktewater gedurende circa 160 dagen per jaar in het zomerhalfjaar. Het aanvoerdebiet was dusdanig ingesteld dat aan weerszijden van de slang via de gaatjes een zone met bevoeiingswater van 1 m breedte zou kunnen ontstaan, met een bruto infiltratiehoeveelheid van circa 1.000 mm/jaar. Door technische problemen (onder andere verstopte filters) werd dit debiet in 2016 en 2017 niet gehaald (respectievelijk 320 en 740 mm/jaar), maar na aanpassing van de pompinstallatie werd dit in 2018 en 2019 ruimschoots gehaald (respectievelijk 1.750 en 1.650 mm/jaar). Daarmee werd gedurende vier jaar gemiddeld 1.120 mm/jaar geïnfiltrerd. Al dit water infiltreerde in een zone van circa 0,5 – 1 m rondom de slangen. Elke bevoeiingsunit had twee transecten van 4 m lengte loodrecht op de bevoeiings slang voor het volgen van effecten van bevloeiing op de chemie en vegetatie: het ene transect in de zone met een zwak verzuurde trilveenvegetatie en het andere in de zone met een sterk verzuurd veenmosrietland. Deze opzet van het experiment maakte het mogelijk om vast te stellen tot welke afstand van de slang de bevloeiing invloed had voor beide vegetatiestadia.

Metingen vonden plaats vlak voor de start van de bevloeiing (2016) en in de zomers van 2017, 2018 en 2019 tijdens de bevloeiing. In deze transecten werden de chemische samenstelling van het porievocht en de voorraad van stoffen in de bodemtoplaag (0 – 10 cm) gevolgd, evenals de ontwikkelingen in de vegetatie. In de transecten werden ook met een prikstok diepteprofielen van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) gemeten om de verspreiding van het mineraalrijke bevoei-

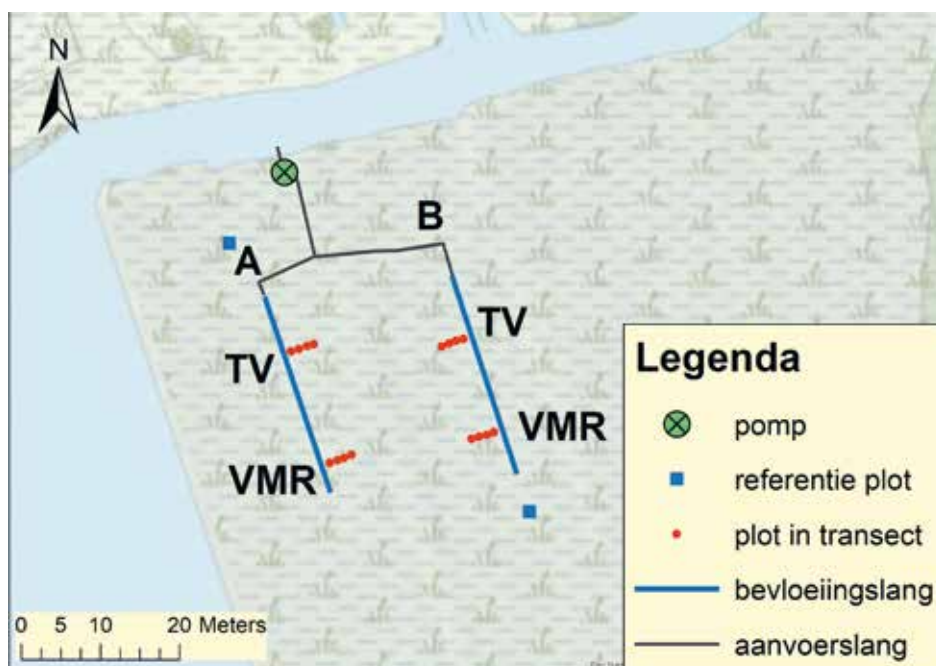
ingswater te volgen (het EGV heeft een sterke positieve correlatie met de calcium-concentratie). In beide percelen werden op enige afstand controlemetingen uitgevoerd in trilveen en veenmosrietland zonder invloed van bevoeiingswater. De chemische samenstelling van het aangevoerde oppervlaktewater werd eveneens gemeten ten behoeve van de berekeningen van stofbelastingen. Voor de berekening van de stofbelastingen (waterflux vermenigvuldigd met stofconcentratie) is aangenomen dat al het aangevoerde oppervlaktewater in een zone van 1 m breed aan weerszijden van de slang infiltreerde. Tenslotte werden in de meetraaien ook plukjes rood schorpioenmos ingebracht, waarvan de vitaliteit na één jaar in het veld met fluorescentiemetingen werd bepaald.

Gunstig en snel effect op de basenrijkdom

De diepteprofielen van het EGV laten zien dat vooraf aan de bevloeiing het water in de kragge relatief lage EGV-waarden heeft en dus een lage calcium-concentratie (fig. 2). Na vier jaar is het patroon sterk veranderd en is in beide vegetatiezones boven in de kragge een lens van calciumrijk bevoeiingswater aanwezig. In de zone met trilveenvegetatie strekt deze lens zich 4 m uit vanaf de bevoeiingsslang en in de zone met veenmosrietland ca. 2 m. Dieper in het profiel is het EGV ook toegenomen, maar dat hoeft niet noodzakelijkerwijs alleen

invloed van bevoeiingswater te zijn. De controlelocatie in de trilveenvegetatie zonder invloed van bevloeiing heeft namelijk ook verhoogde EGV-waarden dieper in het profiel. Dit is vermoedelijk bij zowel de controles als bevoeide locaties een effect van lateraal toestromend basenrijk oppervlaktewater onder de kragge, dat in de onderkant van de kragge dringt als gevolg van een sterk neerslagtekort, waarvan sprake was in de periode vóór de meting.

In de zone met trilveenvegetatie nam de calciumconcentratie in het porievocht van de bodemtoplaag toe tot op 4 m afstand van de slang, met de sterkste stijging dicht bij de slang (fig. 3). De hoeveelheid geadsorbeerd calcium in de bodem nam hier echter niet aantoonbaar toe, waarschijnlijk omdat deze vooraf aan de bevloeiing nog vrij hoog was. Wel was er een lichte stijging van de pH. In de veenmosrietlandzone was de calciumconcentratie in het porievocht voor dat de bevloeiing startte, zeer laag (73 $\mu\text{mol/l}$) en deze steeg sterk, eerst op 1 m en in 2019 ook op 2 m afstand (fig. 3). De calciumconcentratie bereikte dicht bij de bevoeiingsslang een waarde van 1.200 $\mu\text{mol/l}$, die vergelijkbaar is met de mediane waarde van goed ontwikkelde trilvenen in Nederland (1.240 $\mu\text{mol/l}$; Van Diggelen et al., 2018). In de meetplots buiten de bevloeiing bleef de calciumconcentratie in de veen-



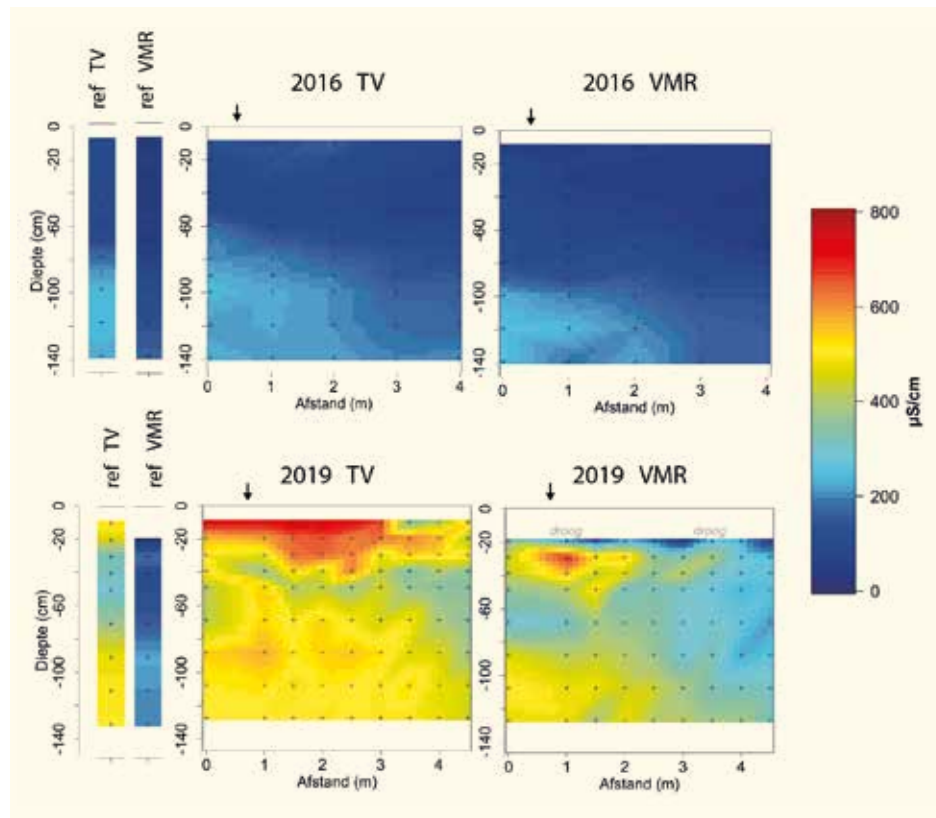
Figuur 1. Opzet van het bevoeiingsexperiment in de Wieden. Hier wordt perceel De Vlake weergegeven met twee bevoeiingsunits (A en B) die in een gradiënt van trilveenvegetatie (TV) naar veenmosrietland (VMR) liggen.

mosrietlanden zeer laag ($40 \mu\text{mol/l}$). Dicht bij de slang traden bij de veenmosrietland-plots, in tegenstelling tot de trilveenplots, ook in de basenrijkdom van de bodem veranderingen op. Bij aanvang van het experiment waren de hoeveelheid geadsorbeerde calcium en de pH in de veenmoszone laag, maar deze namen als gevolg van de bevloeiing duidelijk toe. Dat betekent dat in de situatie van de Wieden, waar de calciumconcentratie van het oppervlaktewater relatief hoog is ($1.160 \mu\text{mol/l}$), met een relatief beperkt bevoeiingsdebiet (gemiddeld 1.120 mm/jaar) op een korte termijn (vier jaar) een merkbare verhoging van de basenrijkdom in een sterk verzuurde kragge kan worden gerealiseerd.

Weinig effect op de nutriëntenhuishouding

In vergelijking tot het porievocht van mesotrofe trilvenen, bevat het oppervlaktewater in de Wieden hoge concentraties van minerale stikstof ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) (circa $8 \mu\text{mol/l} = 0,1 \text{ mg/l}$). In ons experiment is echter weinig van dat aangevoerde stikstof terug te vinden in het poriewater en de bodem. De nitraat- (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+)-concentraties in het porievocht zijn in het vierde bevoeiingsjaar laag (respectievelijk $0,3$ en $0,8 \mu\text{mol/l}$) en vallen in de range van goed ontwikkelde Nederlandse trilvenen (medianen waarde $0,6 \mu\text{mol/l NO}_3^-$ en $2,4 \mu\text{mol/l NH}_4^+$; Van Diggelen et al., 2018). Vermoedelijk komt dit doordat de belasting met minerale stikstof door bevloeiing met $1,1$ tot $1,5 \text{ kg N/ha/jaar}$ relatief laag is. Deze N-belasting is ook laag in vergelijking met de lokale atmosferische depositie van $19,6 \text{ kg N/ha/jaar}$ en de afvoer die met maaien van trilvenen ongeveer optreedt ($8-66 \text{ kg N/ha/jaar}$; Koerselman, 1990; data Universiteit Antwerpen).

Trilveenvegetaties zijn fosfor-gelimiteerde systemen (Cusell et al., 2014). Daardoor kan aanvoer van fosfor door bevloeiing op een langere termijn een risico vormen voor behoud van fosforarme condities. De fosforconcentraties in het oppervlaktewater waren echter vrij laag. De totale fosforbelasting in het experiment bedroeg $0,19-0,27 \text{ kg P/ha/jaar}$. Deze waarden zijn circa tweemaal zo hoog als de atmosferische fosfordepositie ($0-0,12 \text{ kg P/ha/jaar}$), maar lager dan de hoeveelheid die in trilvenen door maaien kan worden afgevoerd ($0,4-5,7 \text{ kg/ha/jaar}$; Koerselman, 1990; data Universiteit Antwerpen). Ook de



Figuur 2. Diepte-profielen van het elektrische geleidingsvermogen (EGV) van het water in de kragge vlak voor de bevloeiing (2016) en tijdens het vierde bevoeiingsseizoen (2019) in een transect met trilveenvegetatie (TV) en met veenmosrietland (VMR). Een hoge EGV duidt op invloed van calciumrijk oppervlaktewater. De zwarte pijl geeft de positie van de bevoeiingsslang. Links worden de diepte-profielen van de locaties zonder invloed van bevoeiingswater weergegeven in beide vegetatiezones (ref TV en ref VMR).

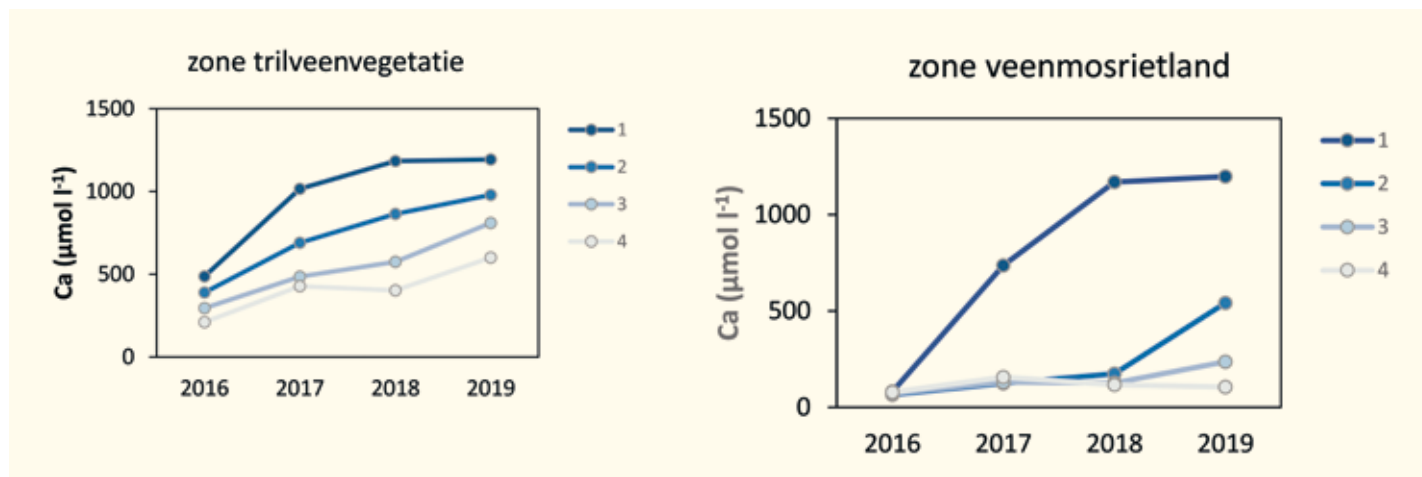
fosforconcentraties in het bodemvocht in de wortelzone waren in zowel trilveen als veenmosrietland laag ($0,4 \mu\text{mol/l} = 0,01 \text{ mg P/l}$) in het vierde bevoeiingsjaar. Deze fosforconcentraties zijn lager dan voorafgaand aan de bevloeiing en komen goed overeen met de lage fosforconcentratie in goed ontwikkelde Nederlandse trilvenen en zijn laag in vergelijking met goed ontwikkelde Nederlandse veenmosrietlanden (Van Diggelen et al., 2018). De belasting met sulfaat was hoog ($44-61 \text{ kg S/ha/jaar}$) en veel hoger dan de actuele atmosferische depositie (ca. 14 kg S/ha/jaar).

Geen herstel van trilveenvegetatie

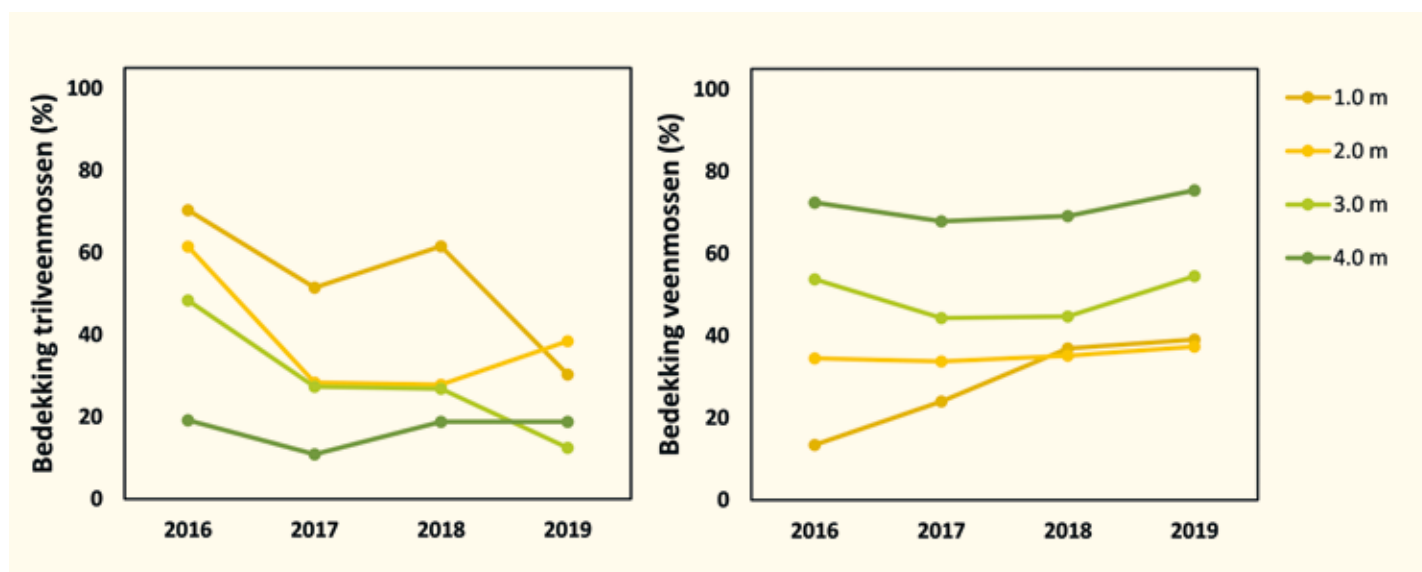
Hoewel de basenrijkdom van het veen door de bevloeiing toenam, waren de ontwikkelingen in de vegetatie minder gunstig. In de trilveenzone nam de bedekking van trilveenmossen als sterrengoudmos en rood schorpioenmos af, ook dicht bij de bevoeiingsslang (fig. 4 en foto 2). Groen en geel schorpioenmos vertonen geen eenduidige trend. In de zone met veenmosrietland trad helemaal geen herstel van trilveenmossen op. De ingebrachte exemplaren van rood schorpioenmos stierven binnen één jaar af, of hadden een geringe vitaliteit. De bedekking van veenmossen nam juist toe in de trilveenzone, ook dicht bij de bevoeiingsslang.



Foto 2. Rood schorpioenmos en goudsterrenmos in een trilveenvegetatie in de Wieden. (Foto: Cijis van Dijk)



Figuur 3. Ontwikkeling van de calciumconcentratie (Ca) in het porievocht in de bodemtoplaag in relatie tot de afstand (m) van de bevoeiingslang.



Figuur 4. Bedekking van trilveenmossen en veenmossen in de zone met trilveenvegetatie in relatie tot afstand (m) van de bevoeiingslang.

Geconcludeerd kan worden dat de concurrentie voor licht en ruimte door veenmossen hoog bleef en uitbreiding van de trilveenmossoorten belemmerde. Voor vaatplantsoorten van trilveenvegetaties waren de trends variabel. Ronde zegge, moeraskartelblad en waterdrieblad (foto 3) namen af en parnassia en groenknolorchis namen toe. Paddenrus – een soort van matig nutriëntenrijke rietlanden – nam toe, wat mogelijk duidt op een eutrofiëringseffect.

De belangrijkste factor voor de geringe reactie van de trilveenmossen bij dit bevoeiingsexperiment met de dripslangen is dat de levende delen van de moslaag niet werden geïnundeerd met het basenrijke bevoeiingswater. Onderzoek aan de gevoeligheid voor inundatie van gewoon veenmos, de meest voorkomende veenmossoort in het huidige experiment, laat zien dat deze soort pas sterk in vitaliteit afneemt bij een volledige inundatie met bicarbonaatrijk water (2.000 μmol/l; Koks et al., 2019). Als bij bevoeiing de moslaag zelf niet (volledig) geïnundeerd raakt,

worden de veenmossen niet benadeeld. Kenmerkende basenminnende mossen van trilvenen zouden van volledige inundatie kunnen profiteren, omdat én basenrijke condities ontstaan én de concurrentie door snelgroeiende veenmossen wordt uitgeschakeld. Daarmee zou in de moslaag een verschuiving richting die van basenrijk trilveen kunnen worden geïnitieerd.

Analyse verwachte bevoeiingsduur

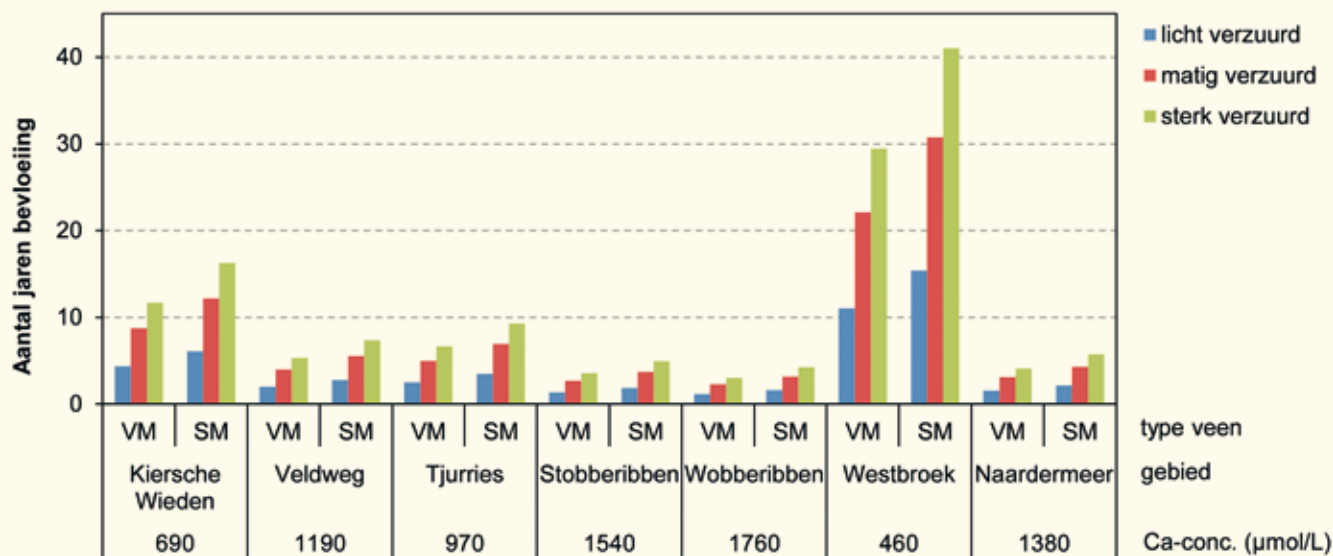
Aangezien langetermijneffecten niet in beeld worden gebracht met een veldexperiment van vier jaar, is besloten om met behulp van eenvoudige stofbalansberekeningen te bepalen hoeveel bevoeiingswater op de lange termijn moet infiltreren om een hoge basenrijkdom in de bodem te bewerkstelligen. Er is berekend hoeveel jaar bevoeid moet worden om de basenrijkdom te verhogen, waarbij ook is berekend hoeveel stikstof, fosfor en sulfaat worden aangevoerd.

De analyse is uitgevoerd voor uiteenlopende situaties in enkele Nederlandse laagveenmoerassen (de Kiersche Wieden en de

Veldweg in de Wieden, het Tjurries, de Stobbenribben en de Wobberribben in de Weerribben, Westbroek en het Naardermeer), waarbij in de berekeningen is uitgegaan van gemiddelde stofconcentraties in het lokale oppervlaktewater. Er is tevens vanuit gegaan dat gedurende het hele jaar wordt bevoeid en dat jaarlijks circa 1.000 mm bevoeiingswater de kragge kan indringen. Er is uitgerekend hoe lang bevoeid zou moeten worden voor herstel van een hoge calciumverzadiging van 85 % in de bovenste 20 cm van de kraggen vanuit licht, matig en sterk verzuurde situaties met een calciumverzadiging van respectievelijk 65, 35 en 5 %. Ook is rekening gehouden met aanvoer van calcium die nodig is voor (a) compensatie van verzuring door atmosferische depositie, (b) een hoge bezetting met calcium van nieuwe adsorptieplekken voor kationen als gevolg van veengroei en (c) afvoer van calcium als gevolg van maaibeheer.

Verhoging calciumbezetting

Uit de berekeningen blijkt dat de beno-



Figuur 5. Berekende benodigde duur van bevoeiing voor herstel van een basenrijke bodemtoplaag voor locaties in laagveenmoerasgebieden. De bevoeiingsduur is berekend voor drie verzuringsstadia en twee typen veen (VM = veenmosveen; SM = slaapmosveen). Tevens wordt voor elk gebied de gemiddelde calciumconcentratie (Ca) van het oppervlaktewater weergegeven.

digde hersteltijd van een basenrijke top laag in verzuurde kraggen sterk afhankelijk is van twee factoren: (a) de mate van verzuring van de uitgangssituatie en (b) de calciumconcentratie van het lokale oppervlaktewater (fig. 5). In de meeste laagveenmoerasgebieden bieden de hersteltijden (1-16 jaar jaarronde bevoeiing) op zichzelf perspectief voor toepassing van bevoeiing in de beheerpraktijk. Er zijn echter ook hoge uitschieters tot 41 jaar in één gebied (Westbroek) als gevolg van een lage calciumconcentratie van het oppervlaktewater (400 μmol/l) en een hoge zuurdepositie. Voor het realiseren van relatief korte bevoeiingsduren, die voor het beheer uitvoerbaar zijn, zijn hoge calciumconcentraties (> 1.000 μmol/l = 40,8 mg/l) heel belangrijk (Cusell et al., 2013). Bij een lage calciumconcentratie is het overgrote deel van het calcium dat door de jaarlijkse

bevoeiing wordt aangevoerd nodig voor 'onderhoud' om de verzurende processen te compenseren.

Effecten op nutriëntenhuishouding

In het merendeel van de onderzochte gebieden bedraagt de aanvoer van stikstof door bevoeiing 1 à 2 kg N/ha/jaar met een uitschieter naar 5 kg N/ha/jaar in Westbroek. Bevoeiing levert daarmee een niet te verwaarlozen bijdrage aan de stikstofbalans. De belasting met in water opgeloste orthofosfaat varieert tussen 0,06 en 0,27 kg P/ha/jaar en die van totaal fosfor door aanvoer van zwevende deeltjes kan een factor 6 tot 7 hoger liggen. De totale fosforbelasting kan daardoor een risico voor eutrofiëring vormen. Het gebruikte bevoeiingsdebiet levert hoge belastingen op met sulfaat: circa 30 tot 120 kg S/ha/jaar. Dat kan op termijn mogelijk leiden tot

verhoogde veenaafbraak, interne eutrofiëring en sulfidotoxiciteit voor planten (Lamers, 2001). Wegens de potentieel negatieve effecten van een te hoge belasting met nutriënten en sulfaat is het belangrijk om te bevoeien met oppervlaktewater dat arm is aan deze stoffen. Daarnaast is het ook belangrijk om niet meer te bevoeien dan nodig is voor onderhoud en herstel van een hoge basenrijkdom. Als het oppervlaktewater erg rijk aan nutriënten en sulfaat is, is bevoeiing geen goede optie.

Kanttekeningen bij de balansberekeningen

De stofbalansberekeningen zijn nuttig om diverse situaties en scenario's onderling te vergelijken en de mogelijkheden voor bevoeiing te verkennen, maar de uitkomsten zijn niet meer dan een indicatie. Een belangrijke kanttekening is dat uitgegaan wordt van jaarrond bevoeiingen, die in de praktijk nooit zullen kunnen plaatsvinden bij trilvenen, omdat een permanente waterlaag op maaiveld ongewenste invloed heeft op de trilveenvegetatie. Wanneer slechts een gedeelte van de het jaar wordt bevoeid, kan er minder water de kragge indringen en zal de noodzakelijke bevoeiingsduur langer worden. Verder is geen rekening gehouden met de hydrologische situatie wat betreft kwel en wegzijging. In geval van sterke wegzijging kan meer bevoeiingswater infiltreren.

Conclusies

Uit de metingen in het bevoeiingsexperiment en de berekeningen van de benodigde bevoeiingsduur blijkt dat bevoeiing van verzuurde kraggen met basenrijk oppervlaktewater op korte termijn kan



Foto 3. Trilveenvegetatie met waterdrieblad en moeraskartelblad. (Foto: Camiel Aggenbach)

leiden tot herstel van een hoge basenrijkdom van de bodemtoplaag. Randvoorwaarde is dat het bevoeiingswater een hoge calcium- en bicarbonaatconcentratie heeft.

Om dominantie van veenmos tegen te gaan of te doorbreken ten gunste van trilveensoorten, is het wel noodzakelijk dat het calcium- en bicarbonaatrijke bevoeiingswater de veenmossen volledig inundeert. Voor de beheerpraktijk is het realiseren van zulke inundatie op drijvende kraggen een uitdaging wegens het opdrijven van de kragge en een snelle laterale afvoer van het bevoeiingswater door en onder de kragge. Mogelijk kan ook de combinatie van bevoeiing en het mechanisch verwijderen van de veenmoslaag bijdragen aan het bevorderen van trilveenmossoorten, maar dat zou met veldexperimenten moeten worden getest. De effecten op de nutriëntenhuishouding zijn nog onduidelijk voor de langere termijn en daarmee is ook het perspectief voor mesotrofe trilveenvegetaties onduidelijk. Enerzijds bleven de nutriëntenconcentraties in het porievocht van het bevoeiingsexperiment (foto 4), waar sprake was van nutriëntenarm oppervlaktewater, laag. Het gaat om concentraties waarbij goed ontwikkelde trilveenvegetaties goed kunnen voorkomen. Dat komt ook overeen met de berekende lage jaarlijkse belastingen met stikstof en met fosfor voor de bemonsterde trilvenen. Anderzijds kan er zelfs bij fosforarm bevoeiingswater wel degelijk ongewenste eutrofiëring optreden. Op de langere termijn kan deze extra fosforaanvoer een



Foto 4. Minitranssect met vier meetlocaties waar porievocht wordt bemonsterd. (Foto: Gijs van Dijk)

risico vormen door accumulatie van anorganisch fosfaat, waardoor de fosforlimitatie, die voor soortenrijke trilveenvegetaties nodig is, kan worden opgeheven.

De langetermijneffecten van een hoge sulfaatbelasting op de nutriëntenhuishouding (mobilisatie van fosfaat) zijn eveneens onduidelijk. Daarom wordt uit voorzorg geadviseerd om voorlopig alleen met water met een lage fosfor- en sulfaatconcentratie te bevoeien. Om de mogelijk nadelige effecten van de extra fosfor- en sulfaatbelasting te beperken, is het verstandig om het bevoeiingsdebiet beperkt te houden en af te stemmen op wat nodig is voor behoud en herstel van een hoge basenrijkdom en het doorbreken van de veenmos-dominantie. Samenvattend: bevoeiing biedt perspectief voor het handhaven en herstellen van een hoge basenrijkdom van trilvenen, maar er is meer zicht nodig op hoe bevoeiing op een langere termijn doorwerkt op de nutriëntenhuishouding en vegetatie.

Summary

Restoring quaking fen vegetation with surface water irrigation

In terrestrialization mires of the low parts of The Netherlands acidification is a dominant trend causing replacement of rich fen vegetation by *Sphagnum* and *Polytrichum* dominated vegetation. Artificial flooding with surface water is a potential measure to preserve and restore a high base status. In a field experiment a controlled flux of surface water was irrigated during four years in a rich fen and a *Sphagnum* dominated poor fen. In both vegetation types pore water, soil pH and Ca^{2+} concentration increased significantly up to the range of rich fens. Despite this trend moss species of rich fen did not increase due to strong competition by *Sphagnum*. For suppressing *Sphagnum*, flooding with inundation with Ca^{2+} - and HCO_3^- -rich surface water of the moss layer is needed. Mineral N- and P-concentrations in the pore water were low in the zone with infiltrated surface water and in the range of mesotrophic rich fens. Solute balance calculations for flooding with local surface water in several peatlands and acidification stages were used to assess the potential recovery time of a high base status and risks for eutrophication. When the Ca^{2+} -concentration of the surface water is high ($> 1.000 \mu\text{mol/l}$) recovery time had a feasible range (1 to 16 years) for nature management. In the long term the extra P-loading and strong SO_4^{2-} loading might be a risk for

eutrophication. Therefore, flooding with P- and SO_4^{2-} -poor water is advised.

Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., D.G. Cirkel, C. Cusell, G. van Dijk & A.M. Kooijman, 2020. Onderzoek naar bevoeiing als beheermaatregel voor behoud en herstel van basenrijke trilvenen. 2020/OBN241-LZ, Vereniging van Bos- en Natuur-eigenaren, Driebergen.
- Cusell, C., A.M. Kooijman, I.S. Mettrop & L.P.M. Lamers, 2013. Natura 2000 Kennislacunes in De Wieden & De Weerribben. 2013/OBN171-LZ, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Cusell, C., A. Kooijman & L.P.M. Lamers, 2014. Nitrogen or phosphorus limitation in rich fens? - Edaphic differences explain contrasting results in vegetation development after fertilization. *Plant and Soil* 384: 153-168.
- Koerselman, W., S.A. Bakker & M. Blom, 1990. Nitrogen, phosphorus and potassium budgets for two small fens surrounded by heavily fertilized pastures. *Journal of Ecology* 78: 428-442.
- Kooijman, A.M., C. Cusell, R. Loeb & J.M.H. van Diggelen, 2018. Mesotrofe verlandingen en behoud van trilvenen. *Landschap* 35(2): 83-91.
- Koks, A.H.W., G. van Dijk, A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & C. Fritz, 2019. The effects of alkalinity and cations on the vitality of *Sphagnum palustre* L. *Mires and Peat* 24 (25): 1-14.
- Lamers, L.P.M., 2001. Tackling biogeochemical questions in peatlands. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Van Diggelen, J.M.H., G. van Dijk, C. Cusell, J. van Belle, A.M. Kooijman, T. van den Broek, R. Bobbink, I.S. Mettrop, L.P.M. Lamers & A.J.P. Smolders, 2018. Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen. Ten behoeve van het behoud en herstel van habitattypen H7140 (Natura 2000). 2018/OBN220-LZ, Vereniging van Bos- en Natuur-terreineigenaren, Driebergen.
- Van Wirdum, G., 1991. Vegetation and hydrology of floating rich fens. Datawyse, Maastricht.

Camiel Aggenbach, Gijsbert Cirkel
KWR Water Research Institute
camiel.aggenbach@kwrwater.nl

Casper Cusell
Witteveen+Bos

Gijs van Dijk
Onderzoekscentrum B-WARE/Radboud
Universiteit

Annemieke Kooijman
IBED Universiteit van Amsterdam