

Natura 2000 onderzoek naar veenmosrietlanden (H7140B) in Nieuwkoopse Plassen & De Haeck

Effecten van herstelstrategieën
in het kader van PAS

Definitief eindrapport

.....

Natura 2000 onderzoek naar veenmosrietlanden (H7140B) in Nieuwkoopse Plassen & De Haeck

Effecten van herstelstrategieën in het kader van de
PAS



Inhoudsopgave

Inleiding	7
<i>Aanleiding onderzoek</i>	7
<i>Theoretische achtergrond</i>	7
<i>Doel van het onderzoek</i>	8
<i>Onderzoeksvragen</i>	8
Materiaal & Methode	9
<i>Aanpak onderzoek</i>	9
Spoor 1: Systeemecologisch functioneren Veenmosrietland	9
Spoor 2: Monitoring van de PAS-maatregel ‘plaggen’	10
<i>Analyses</i>	12
Poriewater	12
Vegetatie analyse ‘spoor 1’	12
Drooggewicht en organisch stofgehalte	12
Destructie bodem- en plantenmateriaal	12
C/N-analyse bodem- en plantmateriaal	13
Olsenextractie	13
Water- en zoutextractie	13
Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)	13
Resultaten & discussie	14
<i>Spoor 1.1: Systeemecologisch functioneren Veenmosrietland</i>	14
Verificatie hypothese onderzoek 2011	14
<i>Tussentijdse conclusies ‘spoor 1.1’</i>	14
<i>Spoor 1.2 Nadere systeemecologische analyse m.b.v. vegetatieopnamen</i>	15
Toetsing koppelen van data uit 2011 en 2015	15
Nutriëntenlimitatie vegetatie	16
Sturende bodemprocessen	17
<i>Conclusies ‘spoor 1.2’</i>	23
<i>Spoor 2: Monitoring van de PAS-maatregel ‘plaggen’</i>	24
Effecten ‘plaggen’ op de buffering van de bodem	24
Effecten ‘plaggen’ op de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem	26

.....	
Effecten ‘plaggen’ op de vegetatie ontwikkeling	28
<i>Conclusies ‘spoor 2’</i>	35
Synthese en aanbevelingen	36
<i>Algemene conclusies en beheersmaatregelen</i>	36
<i>Buffering opladen: aanvoer basenrijk en nutriënten-arm oppervlaktewater</i>	36
Literatuur	39
Bijlagen	40
<i>Bijlage 1. TWINSPAN analyse vegetatieopnamen 2015 & 2018</i>	40
<i>Bijlage 2. Statistische analyses</i>	41
Nutrientenratio’s vaatplanten	41
Bodemparameters voor buffering	42
<i>Bijlage 3. Chemische data onderzoekspoor 1</i>	44
<i>Bijlage 4. Koppels van geplagde en ongeplagde plots in Spoor 2</i>	46
<i>Bijlage 5. Chemische data onderzoekspoor 2</i>	47

.....

Inleiding

Aanleiding onderzoek

In 2015-2016 is er OBN-onderzoek naar de rol van stikstofdepositie in overgangs- en trilvenen (H7140) uitgevoerd (van Diggelen et al., 2018) met het doel om beter te begrijpen en vast te stellen hoe de Natura 2000-doelen bij de huidige en de in de nabije toekomst te verwachten stikstofdepositie beheersmatig haalbaar zijn. Dit OBN-onderzoek was vergelijkend van aard waarbij er, binnen de gekozen opzet van het VBNE, geen ruimte voor onderzoek was dat zich richtte op ‘het begrijpen van het lokale veensysteem’, het uitvoeren van veldexperimenten en -belangrijk- op het monitoren van de effecten van maatregelen op lokaal niveau. Om dit hiaat op te vullen hebben de partijen onderzoekcentrum B-WARE, Royal HaskoningDHV en Witteveen + Bos co-financiering ontvangen vanuit Provincie Zuid-Holland voor aanvullend onderzoek in Natura2000 gebied Nieuwkoopse Plassen & De Haeck.

Verwacht wordt dat de effecten van maatregelen per situatie anders zullen zijn door verschillen in N-depositie, maar met name ook door verschillen in lokale standplaatscondities. Omdat ruim de helft van de herstelstrategieën die in het kader van PAS zijn geformuleerd voor overgangsvennen en trilvenen, puur hypothetisch van aard zijn, is er grote behoefte aan verificatie. Bovendien zijn voor behoud en herstel van veenmosrietlanden in de Nieuwkoopse Plassen & De Haeck een aantal (herstel-)maatregelen uitgewerkt die niet in het herstelstrategiedocument H7140 zijn opgenomen, maar die blijkens de gebiedssamenvatting voor voornoemd gebied wel potentieel effectief worden geacht op basis van Aerius Monitor 14.2. Om van ‘hypothese’ naar ‘bewezen’ te komen zijn er nog veel kennislacunes te dichten. Aangezien de beschreven herstel- en beheermaatregelen uit de PAS-gebiedsanalyse tot ontwikkelingsruimte dienen te leiden, is een betere waarborging van de effecten zeer gewenst. Uiteraard is dit in het kader van de vergunningverlening zeer wenselijk.

Theoretische achtergrond

Uit onderzoek van Van den Broek et al. (2011) kwamen aanwijzingen naar voren dat de kwaliteit van het sub-habitatype H7140B (veenmosrietlanden) in de Nieuwkoopse Plassen samenhangt met al dan niet (co)limitatie van fosfaat. We zagen dat de kwaliteit van veenmosrietland ‘matig’ was op alle plekken waar sprake was van (co)limitatie van stikstof. Op de plekken waar de kwaliteit ‘goed’ was, was er in de meeste gevallen sprake van (co)limitatie van fosfaat. Dergelijke verbanden zijn in binnen- en buitenland ook waargenomen voor het sub-habitatype H7140A (trilvenen) (Pawlikowski et al. 2013; Cusell et al. 2014). Zolang de groei (mede) gelimiteerd wordt door fosfaat, is het systeem beter gebufferd tegen een overmaat aan stikstof. Het verzurende effect van atmosferische stikstofdepositie kan echter leiden tot fosfaatmobilisatie, waardoor P-limitatie opgeheven kan worden op de lange termijn. In stikstof gelimiteerde systemen, daarentegen, is er voldoende fosfaat beschikbaar en kan een overmaat aan stikstof direct leiden tot verhoogde biomassaproductie, met verruiging en een verschuiving in het soortenspectrum tot gevolg. Deze verruiging leidt weer tot een toename van de invang van stikstof waardoor er tevens een positieve terugkoppeling ontstaat op dit proces.

In het onderzoek van Van den Broek et al. (2011) leek ook een relatie tussen het organisch stofgehalte van de bodem en de hoeveelheid aluminium en ijzer. Het organisch gehalte was op een diepte van 30-50 cm duidelijk lager op de veenmosrietland locaties die gekarteerd zijn als kwaliteit ‘goed’ en de hoeveelheid aluminium en ijzer was hier juist hoger dan op de locaties die gekarteerd zijn als kwaliteit ‘matig’. Deze resultaten lijken er op te wijzen dat de kwaliteit van de vegetatie

.....

samenhangt met de hoeveelheid klei/lutum in de bodem: hoe meer klei, hoe beter de vegetatiekundige kwaliteit lijkt te zijn. Klei zorgt voor een betere buffering van de bodem (meer bindingscapaciteit voor fosfaat), waardoor de vegetatiegroei langer door fosfaat (co-)gelimiteerd zou kunnen blijven in vergelijking met locaties met een lagere buffering.

Doel van het onderzoek

Het onderzoek dat we middels cofinanciering hebben uitgevoerd in het habitattype H7140 (Overgangs- en Trilvenen) in de Nieuwkoopse Plassen & De Haeck was vooral gericht op fundamentele systeemecologische vragen. Het richtte zich daarmee ook vooral op aspecten die niet worden meegenomen in de reguliere Natura 2000-monitoring omdat hiermee geen kennis opgedaan wordt over o.a. de werking van ‘het systeem’, over veranderingen in standplaatsfactoren, of over wat de succes- en faalfactoren zijn van genomen PAS-maatregelen.

Vanwege de zeer geringe omvang van het sub-habitattype Trilvenen (H7140A) in gebied de Nieuwkoopse Plassen & De Haeck is het onderzoek beperkt tot het sub-habitattype Veenmosrietlanden (H7140B). Tijdens de looptijd van het huidige onderzoek is er echter wel onderzoek verricht naar de nog resterende relict populaties en nieuw ontwikkelde populaties sub-habitattype Trilvenen (H7140A) in de Nieuwkoopse plassen (Stofberg et al., 2019).

In het huidige onderzoek wordt specifiek gericht op verklarende processen en factoren (causale relaties) door systematische vergelijkingen te maken tussen locaties waar wel en plekken waar geen maatregelen in Veenmosrietlanden worden uitgevoerd. Voorgaand onderzoek (van den Broek *et al.*, 2011) heeft al een eerste inzicht gegeven in het functioneren van de veenmosrietlanden in Nieuwkoop & De Haeck, maar door de relatief beperkte opzet van deze studie konden de verbanden nog onvoldoende hard worden gemaakt. In het huidige onderzoek zal deze studie verder worden uitgebreid met als doel meer inzicht te verkrijgen in het functioneren van de veenmosrietlanden, en meer grip te krijgen op de effectiviteit van verschillende PAS-maatregelen (onderzoek spoor 1). Daarnaast wordt ook de effectiviteit van plaggen (één van de belangrijkste PAS-maatregelen) goed gevolgd in een uitgebreid monitoringsprogramma (onderzoek spoor 2).

Onderzoeksvragen

Met dit onderzoek verwachten we de volgende onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden:

Spoor 1:

- Kan de voorspelde relatie tussen het type nutriëntlimitatie en de kwaliteit van de vegetatie/ habitattype hard worden gemaakt?
- Is er een relatie tussen de kleifractie in de bodem en het type nutriëntlimitatie?
- Kan kennis over de aanwezigheid van kleilaagjes in het veen gebruikt worden om PAS-maatregelen in Veenmosrietlanden (bijv. diep plaggen) effectiever uit te voeren.

Spoor 2:

- Wat is de vegetatieve en chemische samenstelling van de uitgangssituatie in de plots?
- Wat is het effect van plaggen door de tijd heen op de ontwikkeling van de vegetatie en de bodemchemie?

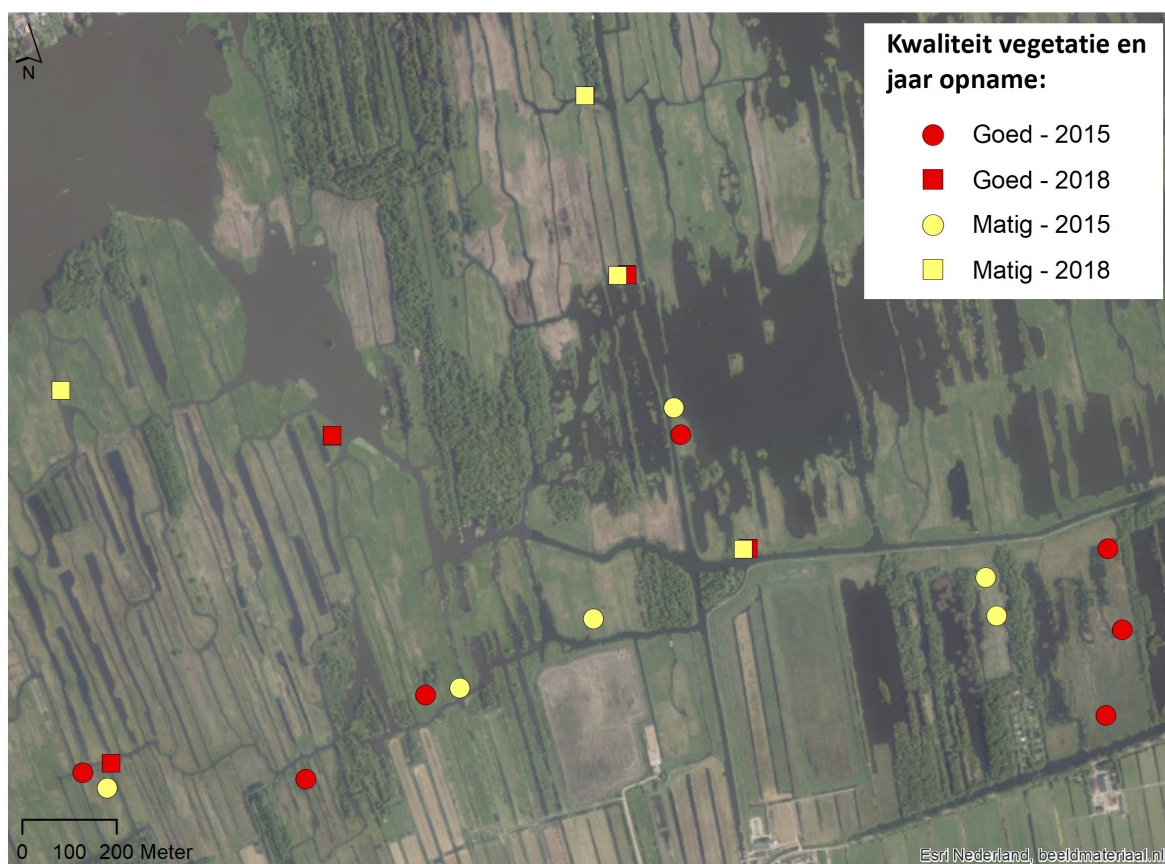
Materiaal & Methode

Aanpak onderzoek

Het voorliggende onderzoek is onderverdeeld in twee aparte onderdelen, welke hieronder per onderdeel verder worden toegelicht.

Spoor 1: Systeemecologisch functioneren Veenmosrietland

De bestaande dataset van 12 locaties, door Van den Broek et al. (2011) bemonsterd, is uitgebreid met 12 extra locaties in 2015 (figuur 1). Hiervan waren 6 locaties van het habitatype gekarteerd als kwaliteit 'goed' en 6 locaties gekarteerd als kwaliteit 'matig', op basis van de vegetatiekartering in 2009 (Damm & van 't Veer, 2010). Poriewater, bodem en vegetatie (vaatplanten en mossen apart) werden eenmalig bemonsterd en geanalyseerd voor de aanvullende locaties. De analyses werden methodisch uitgevoerd conform voornoemd onderzoek. Voor de bodems was dit de dichtheid en organische stofgehalte, destructie- en C/N-analyse, zout- en olsenextractie. Voor de vegetatie was dit de destructie- en C/N-analyse. Dit heeft geleid tot een totale chemische dataset van 24 veenmosrietland locaties (figuur 1). Er werden tijdens het veldwerk in 2015 vegetatieopnamen gemaakt van de bemonsterde locaties in 2015. In 2018 werden aanvullend opnamen gemaakt van de vegetatie van de bemonsterde locaties in 2011. De vegetatieopnamen werden uitgevoerd in plots van 2x2 meter.



Figuur 1. De 24 veenmosrietland locaties voor onderzoekspoor 1, waarbij de kwaliteit is aangegeven volgens de vegetatiekartering uit 2009 (Damm & van 't Veer, 2010) als 'Matig' (gele rondjes) of 'Goed' (rode rondjes). Het jaartal waarin de vegetatie opnamen zijn gemaakt zijn weergegeven met een vierkant (2018) of cirkel (2015).

.....

Een andere vraag die beantwoord zou worden, gaat over de aanwezigheid en herkomst van klei in de veenmosrietland locaties. Om meer te kunnen zeggen over de sturende rol van klei was het nodig om de kleifractie tot dieper dan 50 cm (zoals in eerder onderzoek was gedaan) in de bodem te bepalen. Daarom werden de locaties van 2015 ook bemonsterd op een diepte van 50-100 cm diepte en waar mogelijk ook op een diepte van >100cm. Het is namelijk goed mogelijk dat er op de 'matige' locaties op grotere diepte toch een kleilaagje aanwezig is dat echter buiten de wortelzone valt en daardoor momenteel geen invloed heeft op de kwaliteit van het betreffende veenmosrietland. Mogelijk dat deze klei op 'goede' locaties al ondieper aanwezig was door redelijk recente plagactiviteiten. Het is bekend dat rietsnijders hun rietlanden omwille van behoud van een goede rietkwaliteit wel eens plagde.

Spoor 2: Monitoring van de PAS-maatregel 'plaggen'

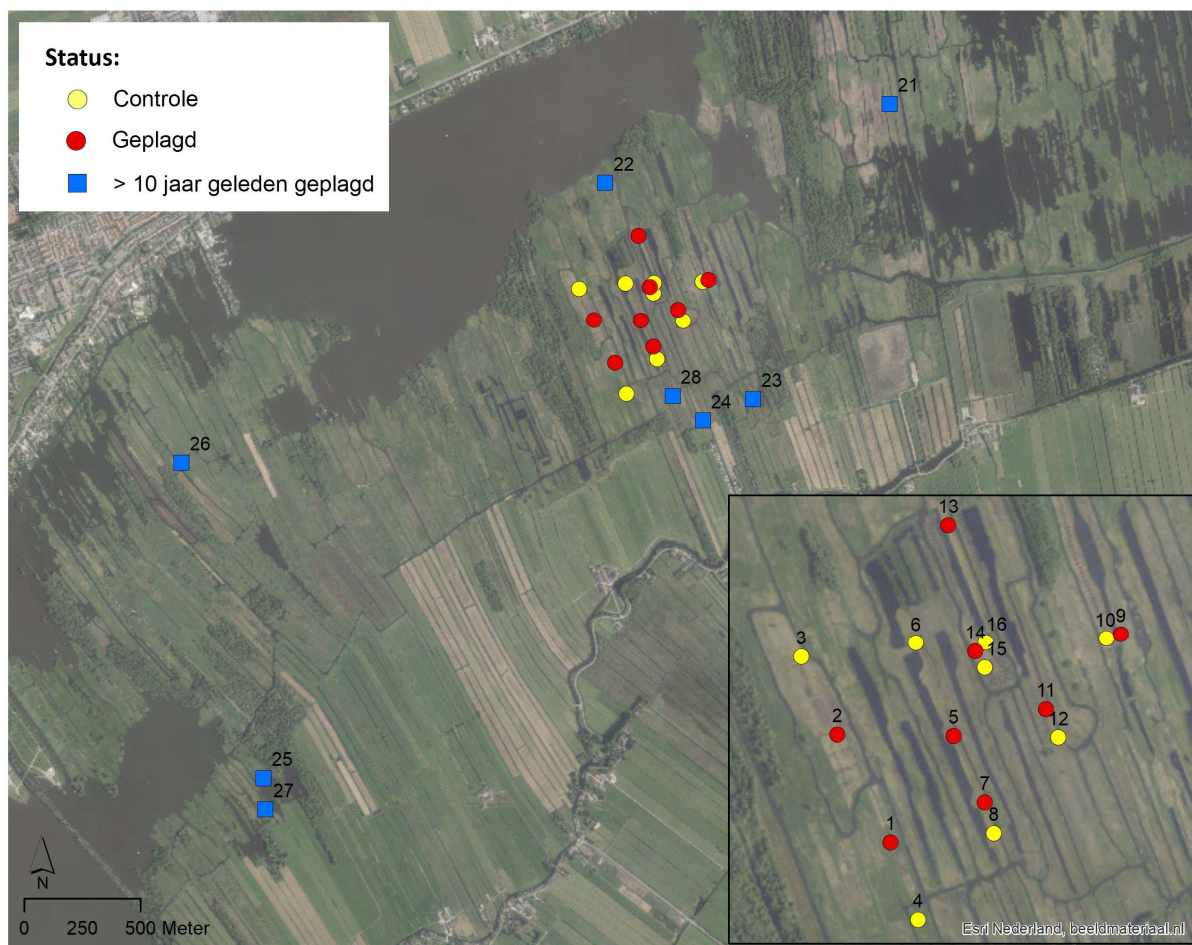
Van de maatregelen uit de PAS-gebiedsanalyse is plaggen van voormalige, dan wel sterk gedegradeerde, veenmosrietlanden in 2015 uitgevoerd door Natuurmonumenten in de Nieuwkoopse plassen en De Haeck. Om inzicht te krijgen in de effecten van plaggen werd vanaf 2015 (na het plaggen) tot en met 2020 een monitoring uitgevoerd op 8 locaties van veenmosrietlanden waar de maatregel plaggen is uitgevoerd en 8 referentielocaties waar dit niet is gedaan (figuur 2). Omdat er geen nulmeting kon worden uitgevoerd op de geplagde locaties voor het plaggen, werd er per geplagde locatie een ongeplagde referentielocatie geselecteerd (bijlage 4). In alle 16 plots werd de bodem en poriewater bemonsterd en geanalyseerd om de basen- en nutriëntenhuishouding te volgen. Er is bemonsterd in het jaar 0 (vlak na het plaggen), 1, 3 en 5 jaar na plaggen. In jaar 0 en jaar 5 werden alle bodemanalyses uitgevoerd (dichtheid, organisch stofgehalte, destructie- en C/N-analyse, en zout- water- en olsenextractie). In de tussenliggende jaren werd alleen een waterextractie uitgevoerd om de nutriëntenbeschikbaarheid tussentijds te blijven volgen. Tevens werden er vegetatie parameters gemeten en opnamen gemaakt. Dit gebeurde steeds in augustus.

Naast de monitoring van de 16 onderzoekplots, zijn er in 2020 aanvullende locaties bemonsterd waar ca. 10 jaar of langer geleden geplagd is (figuur 2; blauwe markering). Hier zijn eenmalig op dezelfde wijze bodemonsters genomen, als ook vegetatieopnamen gemaakt.

Vegetatieopnamen & fitness parameters

Doel van het plaggen was de inmiddels sterk verzuurde veenmosrietlanden terug in de successie te zetten door de basenrijkdom in de bodem iets te verhogen en nutriënten in de bodem af te voeren. Deze ontwikkeling is gevolgd door metingen te doen aan 2 typische soorten voor H7140B (kamvaren en ronde zonnedaauw) en door na te gaan of deze kenmerkende soorten voor veenmosrietland toenamen als gevolg van het plaggen. De ontwikkeling van kamvaren en ronde zonnedaauw werd iedere ronde gevolgd middels het meten van een aantal fitness-parameter zoals aantal planten, lengte, breedte grootste blad en het aantal bloemen, zaaddozen van een 5-tal individuen per plot.

Daarnaast werd gedurende de monitoringsjaren de vegetatieontwikkeling in de 16 plots gevolgd middels vegetatieopnamen naar het systeem van Braun-Blanquet. De vegetatieopnamen werden uitgevoerd in plots van 2x2 meter. De opnamen werden voor de analyse naar een numerieke schaal omgezet middels de schaal van Van der Maarel. Op deze manier werd inzicht verkregen in de mate waarin het lukt om standplaatsfactoren al dan niet (voor langere tijd) gunstig te wijzigen. Zo zal bepaald worden of plaggen bijvoorbeeld weer tot P-gelimiteerde condities leidt, en of het leidt tot een gewenste respons in de vegetatie.



Figuur 2. Veenmosrietland locaties die gedurende 5 jaar werden gemonitord voor onderzoekspoor 2, waarvan 8 plots zijn geplagd (rode vierkantjes) en 8 controle plots die niet zijn geplagd (gele rondjes). Aanvullend zijn er in 2020 nog eenmalig 8 locaties gemeten die meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd (blauwe vierkantjes).

Analyse van de vegetatieopnamen

Met behulp van de vegetatieopnamen werden de abundanties van drie soortgroepen (die veel voorkomen in verschillende stadia van veenmosrietland) in de ongeplagde en de geplagde plots met elkaar vergeleken. Deze groepen van soorten staan voor: 'goed ontwikkeld veenmosrietland', 'basenarm veenmosrietland' en 'verzuurd veenmosrietland' (conform Van Diggelen et al., 2018). Voor 'goed ontwikkeld veenmosrietland' zijn de soorten Elzenmos (*Pallavicinia lyellii*), Glanzend veenmos (*Sphagnum subnitens*), Kamvaren (*Dryopteris cristata*), Ronde zonnedauw (*Drosera rotundifolia*) en Veenmosorchis (*Hammarbya paludosa*) gebruikt. Voor 'verzuurd veenmosrietland' zijn de soorten Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*), Roodviltmos (*Aulacomnium palustre*), Zachte berk (*Betula pubescens*), Gewoon haarmos (*Polytrichum commune*) en Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) gebruikt. Voor 'basenarm veenmosrietland' zijn de soorten Riet (*Phragmites australis*), Fraai veenmos (*Sphagnum fallax*), Gewoon veenmos (*Sphagnum palustre*), Koninginnenkruid (*Eupatorium cannabinum*) en Moeraszegge (*Carex acutiformis*) gebruikt. Deze drie soortgroepen staan volgordeijk voor de successie in veenmosrietland, waarbij het milieu zuurder wordt en er langzaam een ontwikkeling richting moerasheide optreedt.

Voorts zijn de vegetatieopnamen middels TWINSpan geclusterd om te zien of groepen van opnamen wezenlijk van elkaar verschillen. Hiertoe zijn de opnamen gebruikt van de ongeplagde plots op t=0 (2015), evenals die van de geplagde en ongeplagde plots op t=5 (2020). Ter indicatie van het lange-

.....

termijn effect zijn ook de opnamen (in 2020 gemaakt) van de 8 locaties meegenomen waar ca. 10 jaar of langer geleden geplagd is.

In 2015 is gestart met de monitoring nadat er geplagd was. Voor de geplagde percelen was de hergroei van de vegetatie nauwelijks op gang gekomen, dus hiervan zijn geen opnamen (nulmeting). Om die reden gelden de ongeplagde plots uit 2015 voor zowel de ongeplagde als de geplagde plots als $t=0$. Op $t=5$ bleek dat er precies ten tijde van het maken van de opnamen gemaaid was of gemaaid werd. Hierdoor konden helaas niet alle plots worden opgenomen. Uiteindelijk waren de volgende aantallen vegetatieopnamen beschikbaar voor de vergelijking met TWINSPAN: $t=0$: 8 ongeplagde plots, $t=5$: 5 ongeplagde en 4 geplagde plots en $t=10$: 8 plots van >10jr geplagd.

Analyses

Poriewater

Bodemvocht werd anaeroob verzameld met ceramische cups of rhizon bodemvochtbemonsteraars (Eijkelkamp Agrisearch Equipment) waaraan een vacuüm getrokken 60 ml injectiespuit werd verbonden. De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO₂ en HCO₃) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 mol l⁻¹ zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de elementenanalyse (zie onderaan). De monsters voor de ICP-OES werden aangezuurd en bewaard bij 4 °C voor elementenanalyse (zie onderaan).

Vegetatie analyse 'spoor 1'

Van een plot van 50x50cm werd de opbrengst van de vegetatie bepaald, door deze te verzamelen en te drogen in een stoof bij 60°C en hierna het drooggewicht te bepalen. De vaatplanten en mossen werden hierbij apart verzameld en gedroogd. Na het drogen werd het plantenmateriaal van zowel de vaatplanten als de mossen apart gemalen en in potjes bewaard voor destructie en C/N bepaling.

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie bodem- en plantenmateriaal

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen (totaal aluminium en ijzer als maat voor de kleifractie). Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogd materiaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het gedroogde materiaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in

een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere elementenanalyse (zie onderaan).

C/N-analyse bodem- en plantmateriaal

Voor de analyse van de totale hoeveelheid koolstof en stikstof werd een deel van het verzamelde bodem- of plantmateriaal fijngemalen in een kogelmaler. Afhankelijk van het soortelijk gewicht van het materiaal en de verwachte concentraties, werd een kleine hoeveelheid (3-40 mg) van het gemalen materiaal in een tinnen container afgewogen, waarna het in een CNS-elementenanalyser (EA NA 1500 en EA100 van Carlo Erba-Thermo Fisher Scientific) werd geanalyseerd.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,4 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere elementenanalyse op de ICP-OES (zie onderaan).

Water- en zoutextractie

Met een water- en zoutextractie kunnen de vrij in de bodem aanwezige ionen of de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l⁻¹ NaCl) of 50 ml demiwater gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analysers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere elementenanalyse (zie hieronder).

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl⁻) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

.....

Resultaten & discussie

Spoor 1.1: Systeemecologisch functioneren Veenmosrietland

Verificatie hypothese onderzoek 2011

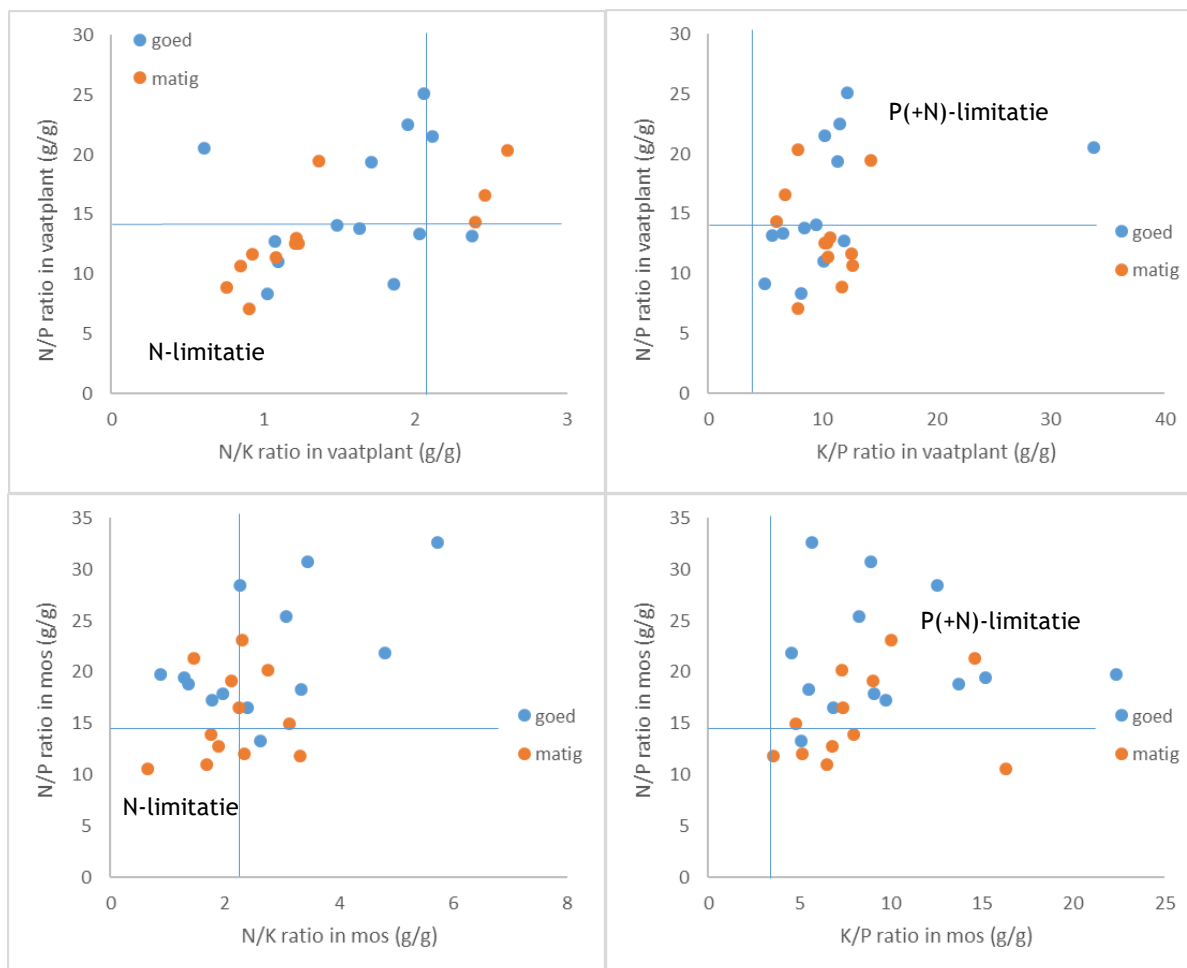
Naar aanleiding van de hypothese die was gesteld op basis van eerder onderzoek door Van den Broek et al. (2011) zijn er in 2015 nog 12 extra locaties bemonsterd en geanalyseerd om de dataset uit te breiden. Deze aanvulling is nodig omdat uit het onderzoek van 2011 geen statistisch verschil kwam. Daarbij dient nog te worden opgemerkt dat tijdens het veldwerk in 2011, hoewel niet expliciet gekarteerd, de samenstelling van de vegetatie niet overal evident overeenkwam met de indeling volgens de vegetatiekartering uit 2009 (Damm & van 't Veer, 2010). Met deze uitgebreide dataset wordt opnieuw gekeken of matige veenmosrietlanden worden gestimuleerd door atmosferische N-depositie omdat deze N-gelimiteerd zijn, in plaats van P-gelimiteerd. De verwachting is dat de goede veenmosrietlanden wel (deels) P-gelimiteerd zijn. Onoverkomelijk is dus dat de twee datasets niet in hetzelfde jaar zijn bemonsterd. Er wordt verwacht dat veranderingen in de bodemchemie niet zo snel zullen optreden omdat er geen grote veranderingen in beheer hebben plaatsgevonden, slechts wat doorgaande successie die het vegetatietype niet zomaar zal veranderen in een paar jaar. Uiteraard kan het niet worden uitgesloten dat er geen veranderingen zijn opgetreden.

In figuur 3 zijn de nutriëntenratio's voor de vaatplanten en mossen weergegeven, verdeeld in de groepen 'Goed' en 'Matig' volgens de vegetatiekartering (2009). In het veld kwam de vegetatie overwegend (binnen een ruime definitie) overeen met deze kwalificatie. Dit was echter op twee locaties niet het geval. Omdat deze locaties elk eerder naar het andere niveau neigde, is de indeling conform de kartering van 2009 gehandhaafd en daarmee het aantal locaties per kwaliteit. Hiermee kan de nutriëntenlimitatie worden bepaald volgens Olde Venterink et al. (2003) en Koerselman & Meuleman (1996). Er is sprake van stikstof (N)-limitatie wanneer de N:P ratio $< 14,5$ en de N:K ratio $< 2,1$. Er is sprake van fosfor (P)- of P+N-limitatie wanneer de N:P ratio $> 14,5$ en de K:P ratio $> 3,4$. Er is sprake van K of K+N limitatie wanneer de K:P ratio $< 3,4$ en de N:K ratio $> 2,1$. Voor alle geanalyseerde monsters is de K:P ratio ruim hoger dan de grens, en 80% van de monsters was de N:K ratio lager dan de aangegeven grens. Dit betekent dat er nergens sprake was van kalium (K)-limitatie. Op de helft van de locaties zijn de vaatplanten N-gelimiteerd, terwijl op de andere locaties deze P(+N)-gelimiteerd zijn. In tegenstelling tot het minder uitgebreide onderzoek in 2011 (van den Broek et al. 2011) is er geen onderscheid te maken in nutriëntenlimitatie van de vaatplanten tussen de volgens de vegetatiekartering uit 2009 ingedeelde 'matige' en 'goede' veenmosrietlanden (figuur 3). De mossen in de goede veenmosrietlanden lijken wel allemaal P-gelimiteerd, terwijl dit voor de mossen in de matige veenmosrietlanden zowel N- of P-limitatie kan zijn. Mossen wortelen niet, en zijn dus vooral afhankelijk van hun nutriënten via aanvoerwater en/of regenwater. Een goede waterkwaliteit met lage P-concentraties zal dus van belang zijn voor de mossen in goede veenmosrietlanden. De bodemkwaliteit zal hier echter minder invloed op hebben, in tegenstelling tot vaatplanten die in veel grotere mate afhankelijk zijn van de nutriëntenvoorraad in de bodem.

Tussentijdse conclusies 'spoor 1.1'

Uit figuur 3 blijkt de hypothese dat de groep 'matige' veenmosrietlanden N-gelimiteerd zijn en de groep 'goede' veenmosrietlanden P-gelimiteerd, niet te kloppen voor de vaatplanten uit de uitgebreide dataset. Voor de mossen lijkt er wel P-limitatie te zijn in de 'goede'

veenmosrietlanden, terwijl dit voor de ‘matige’ veenmosrietlanden niet altijd het geval is en er ook wel N-limitatie wordt waargenomen. Ondanks dat we op basis van deze uitgebreidere dataset de hypothese van N-limitatie in matige veenmosrietlanden moeten verwerpen worden er wel degelijk verschillen in de vegetatiesamenstelling waargenomen tussen de ‘matig’ en ‘goed’ getypeerde veenmosrietlanden. Om nader te onderzoeken of er onderliggende factoren kunnen worden gevonden die deze verschillen kunnen verklaren is er extra onderzoek gedaan.



Figuur 3. Nutrientenratio's in de vegetatie van veenmosrietlanden 'goed' en 'matig' (veg. kartering 2009). De bovenste figuren geven de resultaten van de vaatplanten, de onderste twee figuren de mossen.

Spoor 1.2 Nadere systeemecologische analyse m.b.v. vegetatieopnamen

Toetsing koppelen van data uit 2011 en 2015

Voor alle relevante bodem- en plantparameters is met behulp van statistische toetsen gecontroleerd dat er geen mogelijk effect van het bemonsteringsjaar is (bijlage 2). Er zijn geen significante verschillen van de meetdata tussen de meetjaren 2015 en 2011 gevonden, wat wil zeggen dat we deze data van de 2 meetjaren kunnen vergelijken tussen de verschillende groepen. Op basis van deze informatie is in de verdere analyse voor de koppeling van bodemchemie en vegetatie kwaliteit de data van beide jaren en de indeling van de TWINSPAN-clusteranalyse gebruikt.

Nutriëntenlimitatie vegetatie

Ten behoeve van het extra onderzoek zijn er vegetatieopnames gemaakt op de locaties waar bodem en vegetatie is bemonsterd voor chemische analyses. Op de locaties die in 2011 zijn bemonsterd voor de chemie, zijn in 2018 de opnamen gemaakt. Op de locaties die in 2015 zijn bemonsterd zijn de opnamen op hetzelfde moment gemaakt. Realiserende dat de chemie (2011) en opnamen (2018) ver uit elkaar liggen, maken we in onderstaande figuren onderscheidt in de locaties waarvan in 2011 en in 2015 chemiedata is verzameld. Wanneer de punten van 2011 en 2015 duidelijk van elkaar gescheiden liggen is er dus een waargenomen tijdseffect.

Daarom is er voor iedere onderzoeklocatie tevens een vegetatie-opname gemaakt, en is met deze input een clusteranalyse uitgevoerd om groepen te onderscheiden op basis van de vegetatie samenstelling. In de clusteranalyse konden vier vegetatiegroepen worden onderscheiden; 1) veenmosrietland met hogere bedekkingen van kamvaren (Goed-kamvaren), 2) veenmosrietland met hogere bedekkingen van o.a. ronde zonnedauw en paddenrus (Goed-paddenrus), 3) veenmosrietland met hogere bedekkingen van o.a. ronde zonnedauw, maar ook veenpluis, gewoon haarmos en gewoon veenmos (Matig-haarmos) en 4) een soortenarm veenmosrietland of mogelijk een voorstadium ervan (Matig-voorstadium).

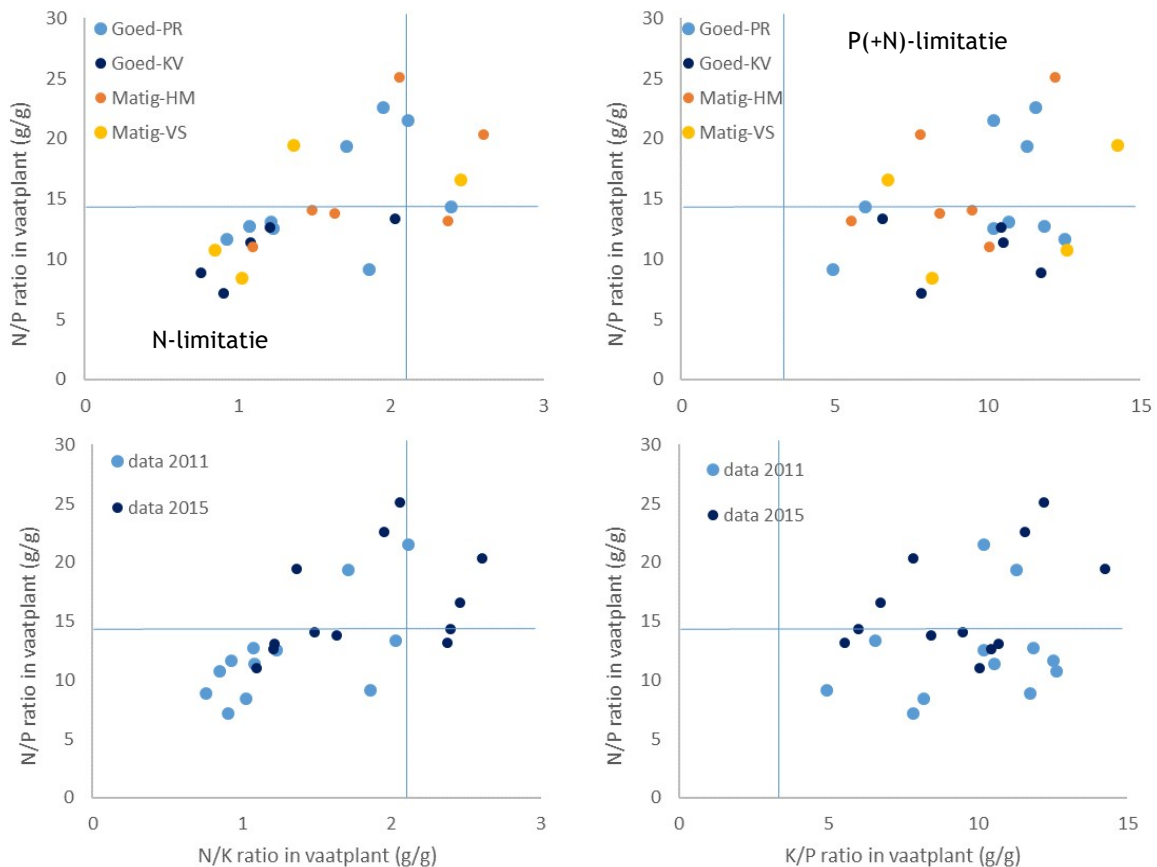
De indeling van de kwaliteit van de veenmosrietlanden op basis van de TWINSPAN-clusteranalyse (bijlage 1) bleek inderdaad grote verschillen te vertonen met de indeling op basis van de vegetatiekartering in 2009 (Tabel 1). Opvallend is dat de helft van de locaties die volgens de kartering als 'goed' werden beschouwd volgens de clusteranalyse nu van matige kwaliteit zijn. Dit is mogelijk het gevolg van successie in de tussenliggende jaren van kartering in 2009 en opnamen in 2015 of 2018. Een andere verklaring kan zitten in het feit dat bij een kartering grote vlakken op het oog tot een eenheid worden gemaakt. Ga je daarbinnen specifiek kijken dan kunnen er intern (grote) verschillen zijn in soortensamenstelling.

Bovendien zijn van de locaties die volgens de kartering als 'matig' werden beschouwd volgens de clusteranalyse 75% van goede kwaliteit. Deze 'vooruitgang' is lastiger te verklaren, echter bleek ook uit eerder OBN-onderzoek (Van Diggelen et al., 2018) dat de kartering van de vegetatietypen vaak niet overeenkwam met de kwaliteitsindeling op basis van vegetatieopnamen, mogelijk vanwege hetzelfde effect zoals hiervoor beschreven. Deze andere indeling in groepen van de vegetatie zou mogelijk wel een andere blik kunnen werpen op de sturende processen in chemische data die (deels in 2011 en deels in 2015) verzameld is van de locaties.

Tabel 1. De indeling van de vegetatieve kwaliteit op de onderzochte veenmosrietlanden (VMR) volgens de Vegetatiekartering in 2009 (Damm & van 't Veer, 2010) of de TWINSPAN-clusteranalyse op basis van de opnamen in 2015 en 2018.

Bemonstering chemie (jaar)	Groep (kartering 2009)	Groep (TWINSPAN opnamen 2015+2018)	Bemonstering chemie (jaar)	Groep (kartering 2009)	Groep (TWINSPAN opnamen 2015+2018)
2011	Goed VMR	Goed (1): VMR basenarm	2011	Matig VMR	Goed(2): VMR
2011	Goed VMR	Goed (1): VMR basenarm	2011	Matig VMR	Matig(4): Voorstadium VMR
2011	Goed VMR	Matig(4): Voorstadium VMR	2011	Matig VMR	Goed (1): VMR basenarm
2011	Goed VMR	Goed(2): VMR	2011	Matig VMR	Goed(2): VMR
2011	Goed VMR	Goed (1): VMR basenarm	2011	Matig VMR	Goed(2): VMR
2011	Goed VMR	Goed (1): VMR basenarm	2015	Matig VMR	Matig(3): VMR (verdroging/verzuring)
2011	Goed VMR	Goed (1): VMR basenarm	2015	Matig VMR	Goed(2): VMR
2015	Goed VMR	Goed (1): VMR basenarm	2015	Matig VMR	Matig(3): VMR (verdroging/verzuring)
2015	Goed VMR	Matig(3): VMR (verdroging/verzuring)	2015	Matig VMR	Goed (1): VMR basenarm
2015	Goed VMR	Matig(3): VMR (verdroging/verzuring)	2015	Matig VMR	Goed (1): VMR basenarm
2015	Goed VMR	Matig(3): VMR (verdroging/verzuring)	2015	Matig VMR	Matig(4): Voorstadium VMR
2015	Goed VMR	Matig(3): VMR (verdroging/verzuring)	2015	Matig VMR	Matig(4): Voorstadium VMR

Wanneer de indeling van clusteranalyse wordt gehanteerd, is voor groep 2 van de goede veenmosrietlanden ('kamvaren'-groep) te zien dat alle vaatplanten in deze groep N-gelimiteerd zijn (figuur 4). Voor alle andere groepen is er geen specifieke limitatie in de vaatplanten aan te wijzen, en er zijn geen statistische verschillen tussen de data uit 2011 als uit 2015 (bijlage 2). Ook bij de mossen is er geen duidelijke nutriëntenlimitatie te zien voor de verschillende vegetatiegroepen (bijlage 3). De nutriëntenbeschikbaarheid en andere factoren kunnen mogelijk meer invloed hebben op de vegetatie, dit zal in de volgende paragraaf verder worden besproken.



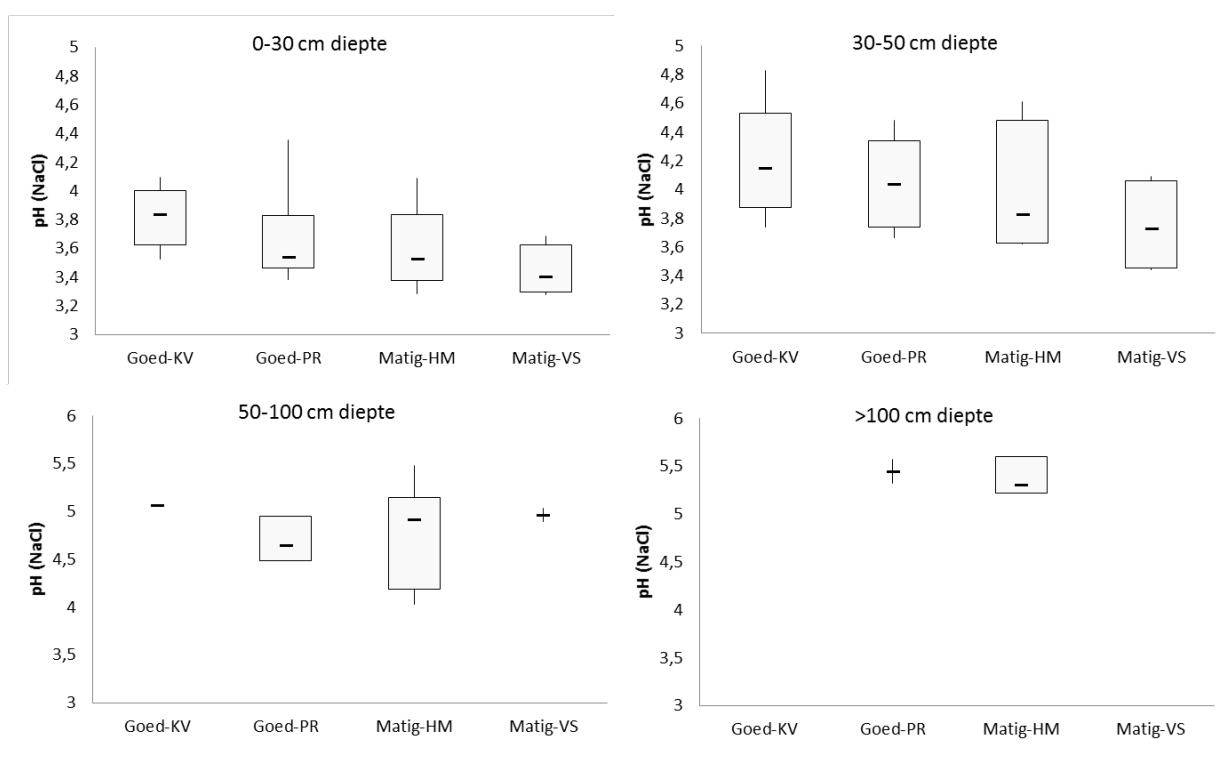
Figuur 4. Nutrientenratio's in de vaatplanten van veenmosrietlanden, verdeeld in 4 groepen door de TWINSpan clusteranalyse: Goed-KV (kamvaren), Goed-PR (paddenrus), Matig-HM (haarmos), Matig-VS (voorstadium), en verdeeld over het jaartal waarin de data is verzameld (onder). Bijbehorende statistiek is te vinden in bijlage 2.

Sturende bodemprocessen

In het voorgaand OBN-onderzoek naar de effecten van N-depositie op overgangs- en trilvenen (Van Diggelen et al., 2018) werden twee vegetatiegroepen voor Veenmosrietland (VMR) onderscheiden, een groep met basenarm VMR (deze kan als goede kwaliteit worden betiteld) en een verzuurd VMR (welke als matige kwaliteit kan worden betiteld). De pH in de toplaag van de bodem bleek sterk gecorreleerd aan de classificering van deze vegetatiegroepen, waarbij de pH_{NaCl} gemiddeld 4,1 was in de groep met basenarm VMR en voor de groep verzuurd VMR gemiddeld 3,5. In het huidige onderzoek is de pH_{NaCl} in de bovenste laag van de bodem (0-30 cm) over alle onderzochte veenmosrietlanden gemiddeld 3,6 (figuur 5). De veenmosrietlanden in de Nieuwkoopse plassen en de Haeck worden dus gekenmerkt door relatief zure bodems. Met toenemende diepte neemt de bodem-pH significant toe (figuur 5 & bijlage 2).

Ondanks de algemeen zure condities is er echter wel een verschil te zien in pH_{NaCl} waarden van de bodem tussen de verschillende vegetatiegroepen op zowel 0-30 cm diepte als op 30-50cm diepte. De goede kwaliteit veenmosrietlanden met kamvaren hebben in de bovenste 30 cm een gemiddelde pH_{NaCl} van 3,8, en op een diepte van 30-50cm een pH_{NaCl} van 4,2. De groep met paddenrus heeft vegetatief ook (nog) een goede kwaliteit (lijkt vegetatief wel wat zuurder), met een lager gemiddelde van pH 3,6 in de bovenste 30 cm van de bodem (en een veel grotere spreiding) en een pH van 4 op 30-50 cm diepte. De matige veenmosrietlanden vertonen op deze dieptes een nog lagere pH_{NaCl}, wat ook de verwachting is omdat deze verder verzuurd zijn.

Vanaf een diepte van 50 cm in de bodem is er veel minder verschil te zien in pH_{NaCl}, en varieert deze tussen pH 4,5 tot 5 bij alle vegetatiegroepen. Dieper dan een meter in de bodem is deze nog een stukje hoger rond pH 5,5. De buffering dieper in de bodem lijkt dus geen direct effect te hebben op de huidige kwaliteit van de vegetatie.

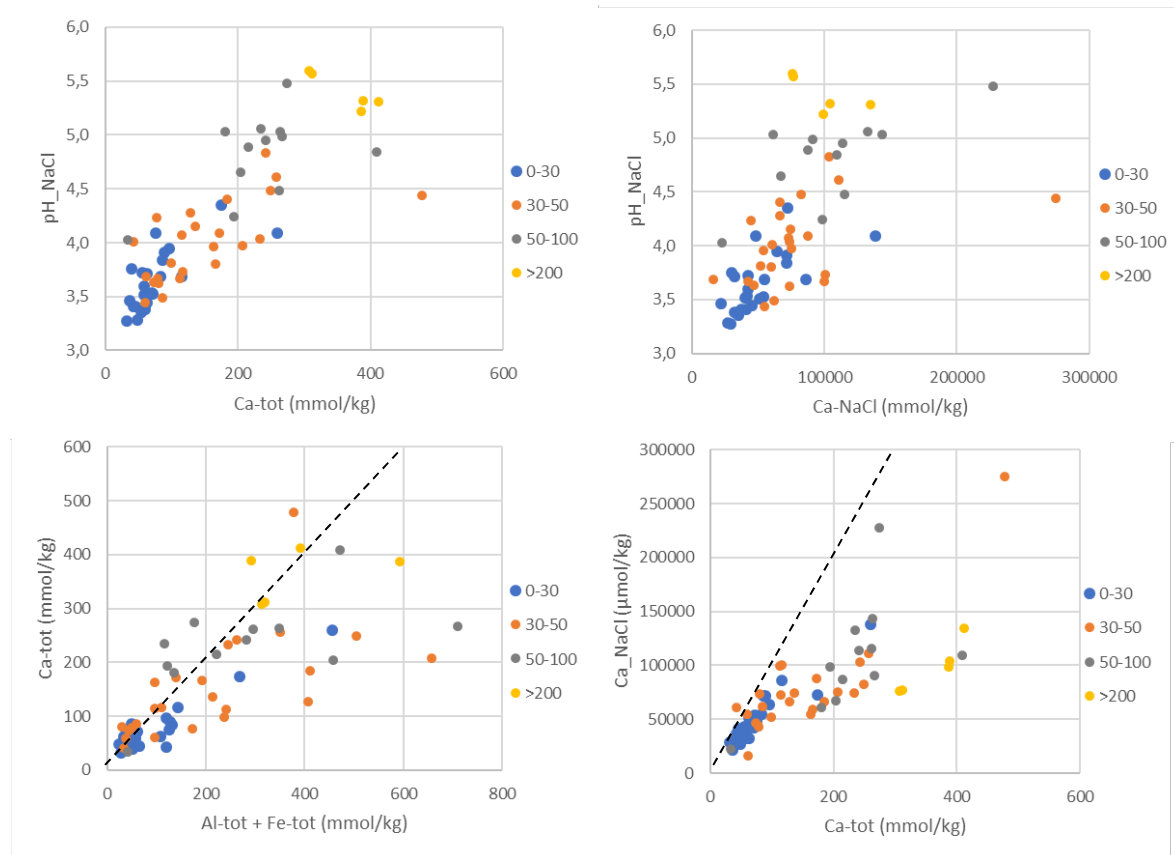


Figuur 5. De pH-(NaCl) op verschillende dieptes in de bodem voor de verschillende veenmosrietlandgroepen zoals onderscheiden op basis van de TWINSPAN clusteranalyse: Goed-KV (kamvaren), Goed-PR (paddenrus), Matig-HM (haarmos), Matig-VS (voorstadium).

De pH van de bodems in de veenmosrietlanden wordt sterk beïnvloed door zowel de zoutextraheerbare calciumconcentratie (opgelost, vrij beschikbaar) en de concentratie totaal-calcium (Ca-tot) (figuur 6 en 7) van de bodem. In de toplaag van de bodem is alle Ca in de bodem potentieel vrij beschikbaar, te zien aan de 1:1 lijn in figuur 6 rechtsonder. Dit wil zeggen dat in de toplaag van de bodems al het calcium gebonden zit aan het bodemadsorptiecomplex, en zal worden uitgewisseld wanneer er protonen (door verzuring) in de bodem aanwezig zijn.

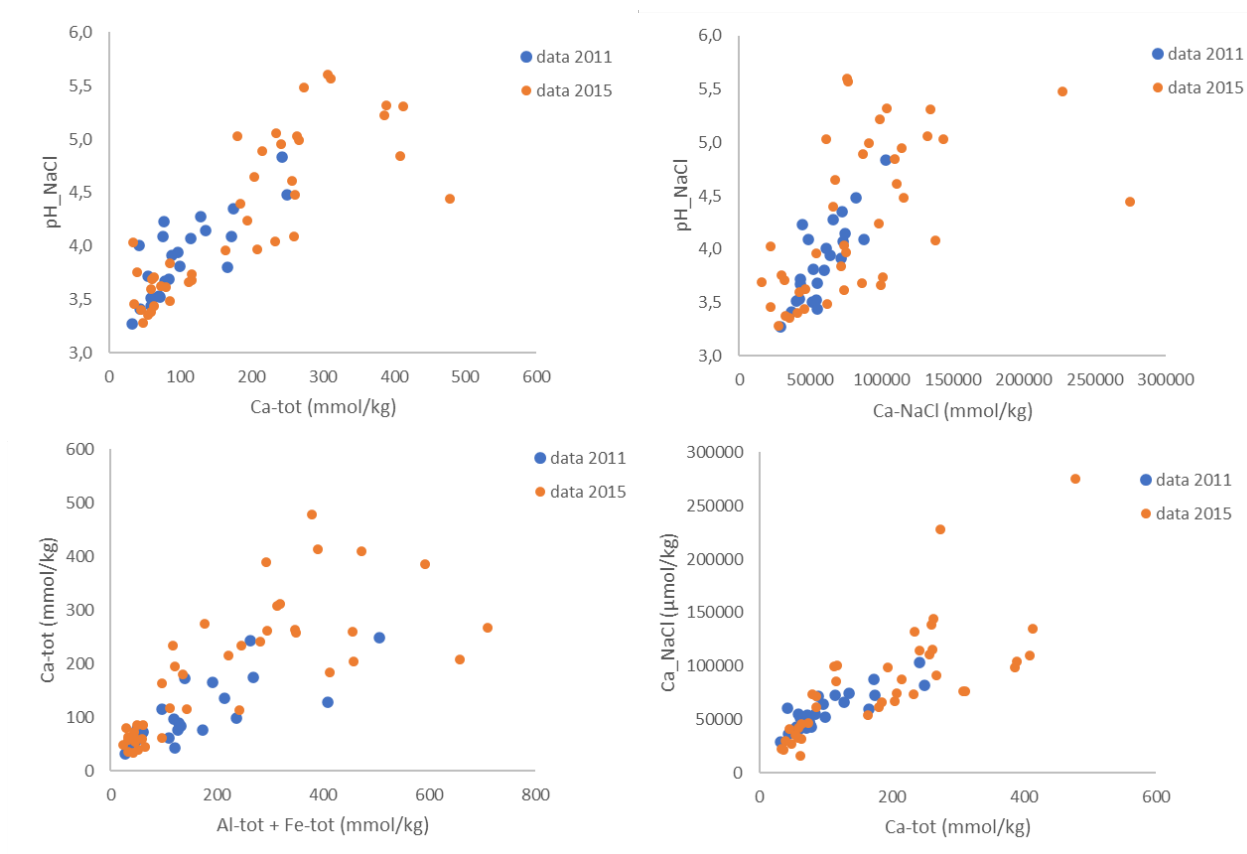
De concentratie totaal-Ca neemt toe met de diepte van de bodem, wat erop wijst dat er van bovenaf uitloging van de bodem plaatsvindt. Uitloging kan plaatsvinden door zowel opname door planten (en afvoer met maaisel), door stagnerend (zwak gebufferd) regenwater (waardoor calcium oplost) en door verzuring door depositie van ammoniak en zwavelverbindingen. Vanaf 30-50cm en

dieper in de bodem is er nog totaal-Ca aanwezig dat niet vrij beschikbaar is (zoutextraheerbaar), en wat voor een groot deel aan kleideeltjes gebonden is. De totaal-aluminium + totaal-ijzer (Al-tot + Fe-tot) is een maat voor de klei-fractie die in de bodem aanwezig is. Vanaf 50 cm diepte is de Ca-tot gecorreleerd aan de hoeveelheid Al-tot + Fe-tot in de bodem (figuur 6; linksonder). Dieper in de bodem is er dus nog Ca in vaste vorm aanwezig dat vanuit de kleifraction het bodemadsorptiecomplex kan opladen, terwijl dit in de bovenste 30-50 cm van de bodem niet meer mogelijk is omdat alle aanwezige calcium al in opgeloste vorm gebonden is aan het bodemadsorptiecomplex. Dit betekent dat in de bovenste 30 cm de buffercapaciteit van de bodem (bijna) uitgeput is, terwijl in de diepere lagen nog enige buffering mogelijk is.



Figuur 6. Correlaties tussen de pH_NaCl, beschikbaar Ca (Ca_NaCl) en totaal gehalten aan Ca, Fe en Al in de verschillende dieptes van de bodem. De stippellijn geeft de 1:1 verhouding weer van Al-tot+Fe-tot en Ca-tot en van Ca-tot en Ca-NaCl. Zie tekst voor verder uitleg.

.....

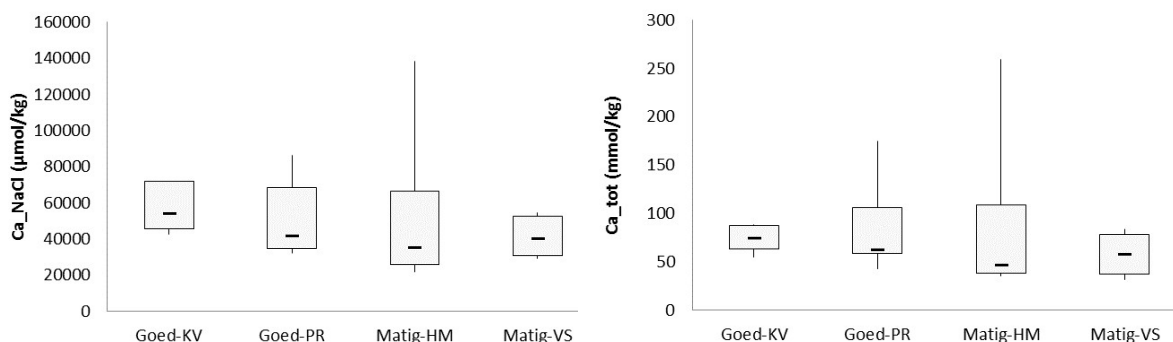


Figuur 7. Correlaties tussen de pH_NaCl, beschikbaar Ca (Ca_NaCl) en totaal gehalten aan Ca, Fe en Al in de bodem, verdeeld over de data van 2011 en 2015.

Een totaal-calciumconcentratie tussen 60-150 mmol/kg bodem (5-20 mmol/l) is indicatief voor een dalende basenverzadiging en een matige buffering. Dit is voor 22 van de 24 onderzochte bodems het geval op 0-30cm diepte. Bij de helft van deze locaties is de Ca-tot zelfs lager dan 60 mmol/kg, wat wil zeggen dat er sprake is van een lage basenverzadiging waardoor er nog nauwelijks buffering plaats kan vinden. Dit maakt de bovenste 0-30 cm uiterst gevoelig voor verzurende processen die de successie richting verzuurd veenmosrietland/veenheide sterk bevorderen.

Er is een onderscheid te zien in het bufferend vermogen van de bodems (0-30cm) tussen de vegetatiegroepen, waarbij de hoeveelheid opgelost Ca aan het adsorptiecomplex (Ca_NaCl) en de totaal-Ca concentraties in de bodem hoger zijn in de goede veenmosrietlanden, met name in groep 2 (kamvaren-goep) (figuur 8). De uitloging van de bodems van de matige veenmosrietlanden lijkt dus wat verder gevorderd dan die in de goede veenmosrietlanden.

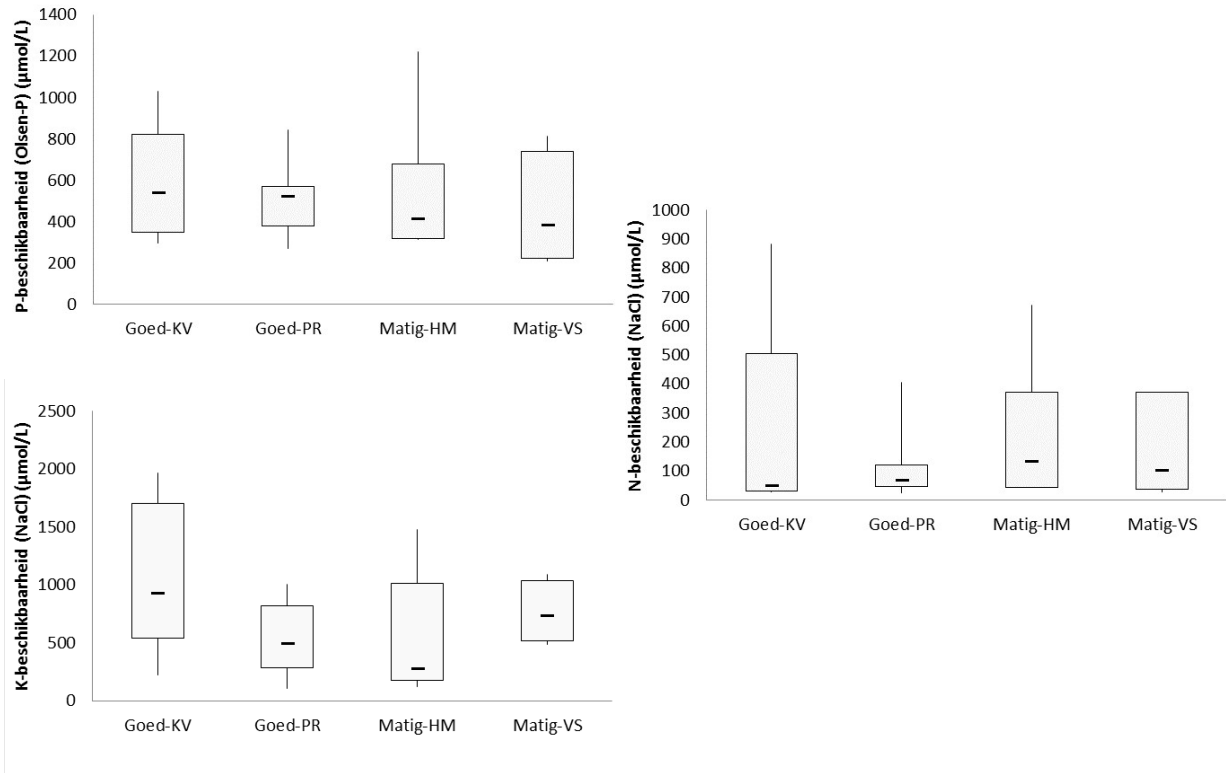
De parameters die zuurbuffering indiceren (pH-NaCl, totaal-calcium en calcium-NaCl) vertonen slechts kleine (niet significante) verschillen tussen de goede en de matige veenmosrietlanden (figuur 8). Mogelijk is het niet alleen de mate van verzuring, maar ook de nutriëntenbeschikbaarheid die het verschil in kwaliteit tussen de goede en matige veenmosrietlanden verklaart. In de analyse van 2011 (Van den Broek et al. 2011) leken hiervoor aanwijzingen, waarbij de grootste verschillen werden gemeten in de beschikbaarheid van fosfor (P) en kalium (K).



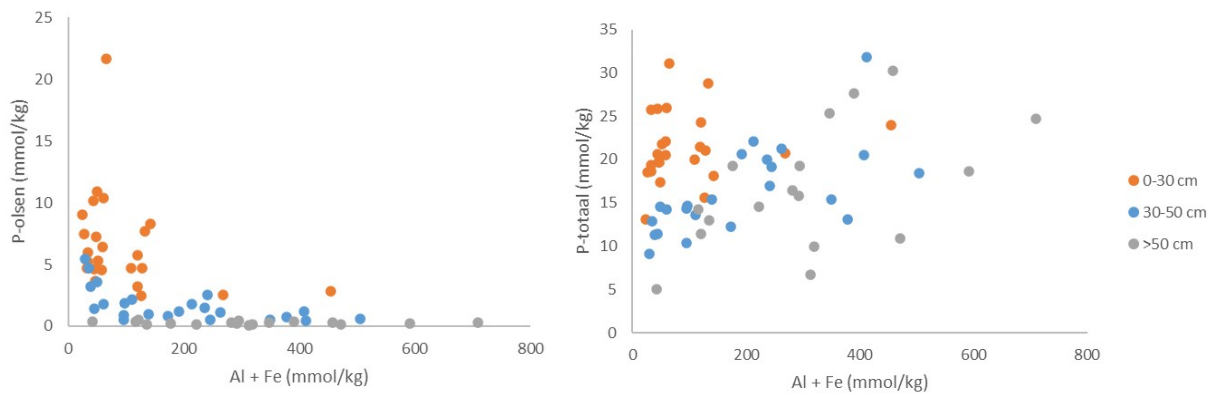
Figuur 8. De Ca_NaCl en Ca_tot in de toplaag (0-30 cm) van de bodem voor de verschillende vegetatiegroepen zoals onderscheiden op basis van de TWINSPAN-clusteranalyse: Goed-KV (kamvaren), Goed-PR (paddenrus), Matig-HM (haarmos), Matig-VS (voorstadium).

In de huidige studie zijn tussen de verschillende groepen die zijn onderscheiden met de clusteranalyse geen duidelijke verschillen in P- en N-beschikbaarheid in de bovenste 30 cm van de bodem te zien (figuur 9). Er lijkt in de twee groepen van goede veenmosrietlanden gemiddeld iets meer ($500 \mu\text{mol/L}$) P in de bodem beschikbaar dan in de matige veenmosrietlanden ($400 \mu\text{mol/L}$), dit is echter ook niet significant verschillend. Er is wel een correlatie te zien tussen de hoeveelheid totaal-Fe + totaal-Al in de bodem (figuur 10) en de P-beschikbaarheid (zowel P-olsen als P-totaal) vanaf 30 cm en dieper in de bodem, waarbij de P-beschikbaarheid hoger is bij lage Fe+Al concentraties. Ook op 30-50 cm diepte in de bodem is er geen verschil in P-beschikbaarheid die de P-limitatie van een deel van de vegetatie kan verklaren. Zoals het er naar uitziet, lijkt de P-beschikbaarheid dus niet het verschil in de vegetatiegroepen te verklaren.

Voor de K-beschikbaarheid lijkt er wel een verschil in de toplaag, opmerkelijk is dat deze lager is in zowel de veenmosrietlanden van (nog) goede kwaliteit met paddenrus (Goed-PR), als in de verdroogde/verzuurde veenmosrietlanden van matige kwaliteit met haarmos (Matig-HM). Kalium (K) is in opgeloste vorm in het bodemwater direct beschikbaar voor de vegetatie. Maar net als bijv. Ca zit er ook K gebonden aan het bodemadsorptiecomplex. Door verzuring in de bodem, wat bij de matige veenmosrietlanden al vaker heeft plaatsgevonden, zal het zuur (protonen die worden gevormd als gevolg van verdroging of oxidatie processen in de bodem) worden uitgewisseld tegen K (net als bij Ca). Vervolgens lost ook K op in het bodemwater en kan daarmee uitspoelen of worden opgenomen door de vegetatie, en nemen de concentraties in de bodem af. Dit doet vermoeden dat verzurende processen mogelijk invloed hebben op de K-beschikbaarheid in de toplaag van de bodems, en zodoende op de vegetatiekwaliteit.



Figuur 9. De nutriënten (N, P en K) beschikbaarheid in de bovenste 30 cm van de bodem voor de verschillende vegetatiegroepen zoals onderscheiden op basis van de TWINSpan-clusteranalyse: Goed-KV (kamvaren), Goed-PR (paddenrus), Matig-HM (haarmos), Matig-VS (voorstadium).



Figuur 10. Correlaties tussen het gehalte aan Al-tot + Fe-tot en de olsen-P en P-totaal gehalte op verschillende dieptes in de bodem.

Conclusies ‘spoor 1.2’

- De kwaliteit van de veenmosrietlandvegetaties in de Nieuwkoopse plassen en de Haeck zoals die uit de vegetatiekartering uit 2009 naar voren komt kan **niet duidelijk worden verklaard door verschillen in nutriëntenlimitatie**.
- De bovenste laag van de bodem (0-30 cm) van veenmosrietlanden in de Nieuwkoopse Plassen en de Haeck zijn relatief zuur. De **‘goede’ kwaliteit veenmosrietlanden** hebben echter wel een gemiddeld **hogere pH-zout van 3,6 - 3,8**, terwijl de **matige veenmosrietlanden** een **lagere pH-zout van gemiddeld 3,4 - 3,5 hebben**. Dit lijken kleine verschillen in pH, maar dit komt omdat pH in Log-schaal wordt weergegeven. De absolute verschillen zijn dus wel degelijk van belang.
- De pH in de veenmosrietlanden wordt gestuurd door de buffering met calcium. In de toplaag van de bodems zit alleen nog wat calcium gebonden aan het bodemadsorptiecomplex, en zal worden uitgewisseld wanneer er verzuring optreedt. Bij verzuring komt o.a. calcium in oplossing in het poriewater van de bodem waardoor er **calcium uitloging in de toplaag van de bodem plaatsvindt**.
- Er lijkt in de bovenste 30 cm van de bodem een **lagere kalium-beschikbaarheid** voor de vegetatiegroepen Goed-PR (paddenrus) en Matig-HM (haarmos). Mogelijk wordt dit verschil in K-beschikbaarheid veroorzaakt door verzuring (net als bij Ca).
- Vanaf 30-50cm en dieper in de bodem is er nog Ca aanwezig dat veelal aan kleideeltjes gebonden is en (nog) niet vrij beschikbaar is. Vanuit deze kleifractie kan het bodemadsorptiecomplex nog opladen, maar dit is in de bovenste 0-30 cm (soms zelfs 0-50 cm) van de bodem niet meer mogelijk. **De pH en buffering in de toplaag van de veenmosrietlanden is dus afhankelijk van aanvoer van calcium via het oppervlaktewater**.
- De lage pH en zwakke buffering in de bovenste 0-30 cm van de bodem zorgt ervoor dat veenmosrietlanden in de Nieuwkoopse plassen en de Haeck **uiterst gevoelig zijn voor verzurende processen, zoals verdroging en atmosferische stikstofdepositie**, die de successie richting verzuurd veenmosrietland/veenheide sterk bevorderen.

.....

Spoor 2: Monitoring van de PAS-maatregel ‘plaggen’

Voor dit deel van het onderzoek zijn er 8 geplagde plots en 8 nabijgelegen ongeplagde plots (controle) gemonitord in de periode 2015-2020. Voor iedere geplagde plot is er dus een controle plot in dit onderzoek (bijlage 4). In 2015 is er een nulmeting uitgevoerd toen de plagwerkzaamheden net waren uitgevoerd. Er was toen dus nog sprake van een kale bodem bij de 8 geplagde plots. Op deze dag werden tevens de 8 ongeplagde plots geselecteerd en bemonsterd. In augustus 2016, 2018 en 2020 zijn de plots vervolgens gemonitord, om de ontwikkeling van de vegetatie en bodemchemie te volgen. In 2020 zijn er aanvullend nog 8 locaties geselecteerd waar meer dan 10 jaar geleden is geplagd, waarvan ook eenmalig de samenstelling van de bodemchemie en vegetatie is bepaald en vergeleken met de ontwikkeling in de in 2015 geplagde en ongeplagde monitoringsplots. In het voorliggende hoofdstuk zullen de resultaten uit deze studie worden gepresenteerd.

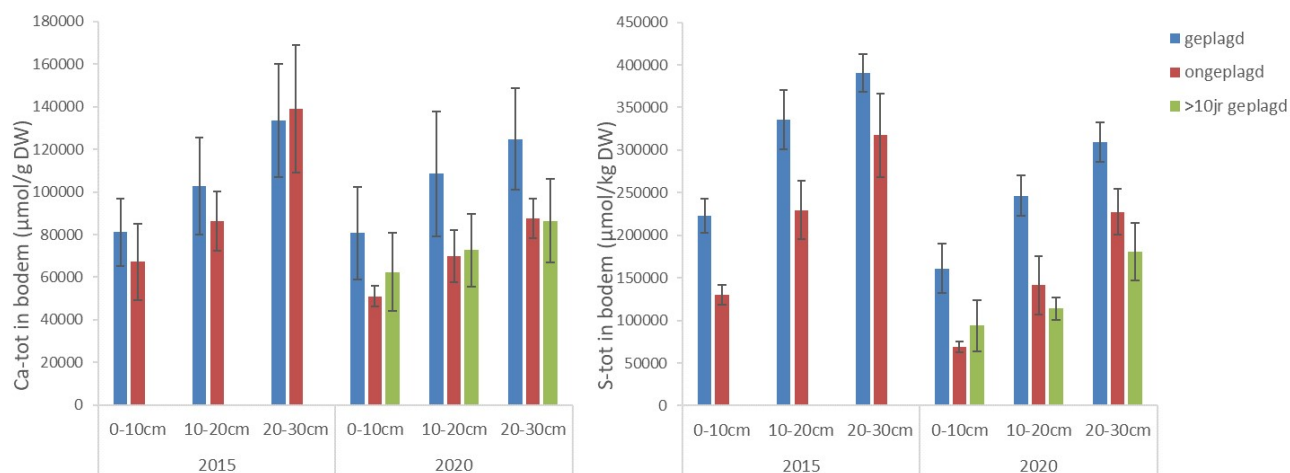
Effecten ‘plaggen’ op de buffering van de bodem

Door te plaggen wordt het nieuwe maaiveld een laag dieper in de bodem, wat consequenties kan hebben voor de standplaatsfactoren in de bodem. Zo is bijvoorbeeld de totaal-Ca concentratie in de bovenste 10 cm van de bodem na plaggen vergelijkbaar met de diepte op 10-20 cm in de ongeplagde plots (figuur 11). Hetzelfde geldt voor de totaal-S concentratie. Er was niet bekend hoe diep er precies was geplagd op de monitoringslocaties, maar het lijkt er dus op dat er in 2015 ongeveer 10cm geplagd is. Omdat de nieuwe toplaag na plaggen o.a. meer Ca bevat dan voorheen, kan dit gunstig uitpakken voor de buffercapaciteit in de bodem. De hogere zwavel (S), daarentegen, kan dit juist weer teniet doen doordat zwavel sterk oxideert wanneer dit aan zuurstof wordt blootgesteld. Bij oxidatieprocessen worden protonen gevormd, die vervolgens gebufferd dienen te worden om verzuring te voorkomen. Zolang er voldoende kationen aanwezig zijn om deze tijdelijk zuurproductie op te vangen, zal de hieruit voortkomende verzuring meevallen. Uit eerder onderzoek bleek de $S/(Ca+Mg)$ ratio een goede indicator voor de zuurgevoeligheid van bodems van broekbossen (Lucassen et al., 2002). Wanneer deze ratio hoger is dan 0,67 is er een groot risico op verzuring. Voor de toplagen van de monitoringsplots vonden we een $S/(Ca+Mg)$ ratio van 2,3 (2015) en 1,7 (2020) voor de geplagde, en een ratio van 1,6 (2015) en 0,9 (2020) voor de ongeplagde bodems. Dit betekent dus dat de toplaag van de bodems in de veenmosrietlanden zeer verzuringsgevoelig zijn, ook na het plaggen.

Plaggen lijkt echter op de middellange termijn (5 jaar) een positieve invloed te hebben op de buffering en zuurgraad van de bodem. Er is na plaggen een lichte stijging van de pH in de bovenste 10 cm van de bodem te zien. Ook de Ca concentratie in het bodemwater is na plaggen hoger dan in de toplaag van de ongeplagde bodems (figuur 11). Dit (minimale) effect blijft weliswaar voor beide parameters te zien tot 5 jaar na plaggen. Op de locaties waar meer dan 10 jaar geleden is geplagd wordt een meer vergelijkbare pH en Ca concentratie in het bodemwater met de ongeplagde plots gemeten. Voor deze locaties lijkt het dus dat plaggen op langere termijn niet tot wat meer gebufferde condities heeft geleid, of dat het effect hierop is verdwenen na 10 jaar. Dit is mogelijk het gevolg van oxidatieprocessen (o.a. zwavel) door verdroging/lage grondwaterstanden of door voortdurende zure stikstofdepositie.

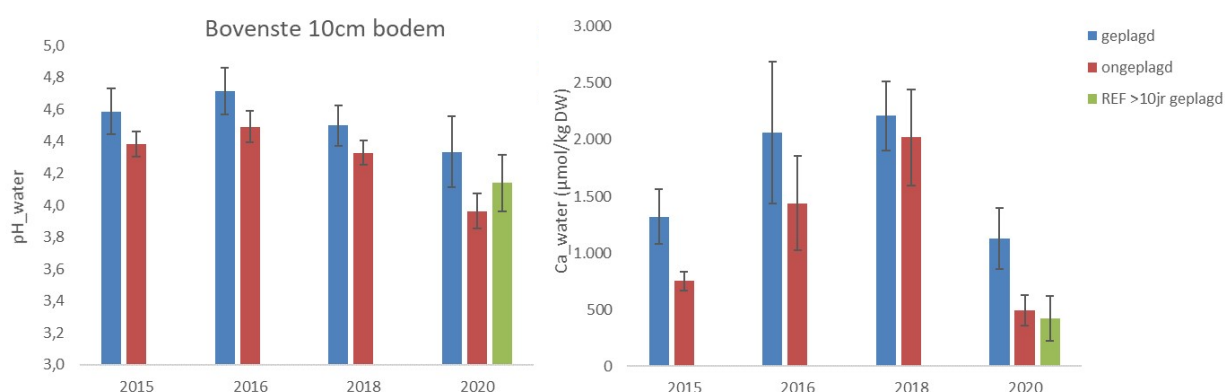
Opvallend is de lagere Ca-totaal in 2020 voor de ongeplagde plots, vergeleken met 2015. Voor de geplagde plots, daarentegen, is de Ca-totaal concentratie in 2015 en 2020 nagenoeg hetzelfde. Mogelijk is de uitloging van Ca in de bodems van de ongeplagde plots in de 5 jaren verder doorgegaan, terwijl deze door het plaggen wat is geremd in de geplagde plots. Blijkbaar was de iets hogere Ca concentratie in het bodemwater (hogere buffercapaciteit) na plaggen voldoende voor de buffering, zodat er niet veel Ca uit de bodemvoorraad nodig was om het bodemadsorptiecomplex

aan te vullen. Dit effect van plaggen lijkt echter tijdelijk van aard, omdat de basenverzadiging en pH na ongeveer 5 jaar weer begint af te nemen.



Figuur 11. Ca-totaal en S-totaal concentratie op 3 dieptes van de bodem (0-10cm; 10-20cm; 20-30cm) ($\pm$ SEM). De blauwe balken zijn de in 2015 geplagde plots, de rode balken de ongeplagde plots. De groene balken laten de locaties zien die meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd.

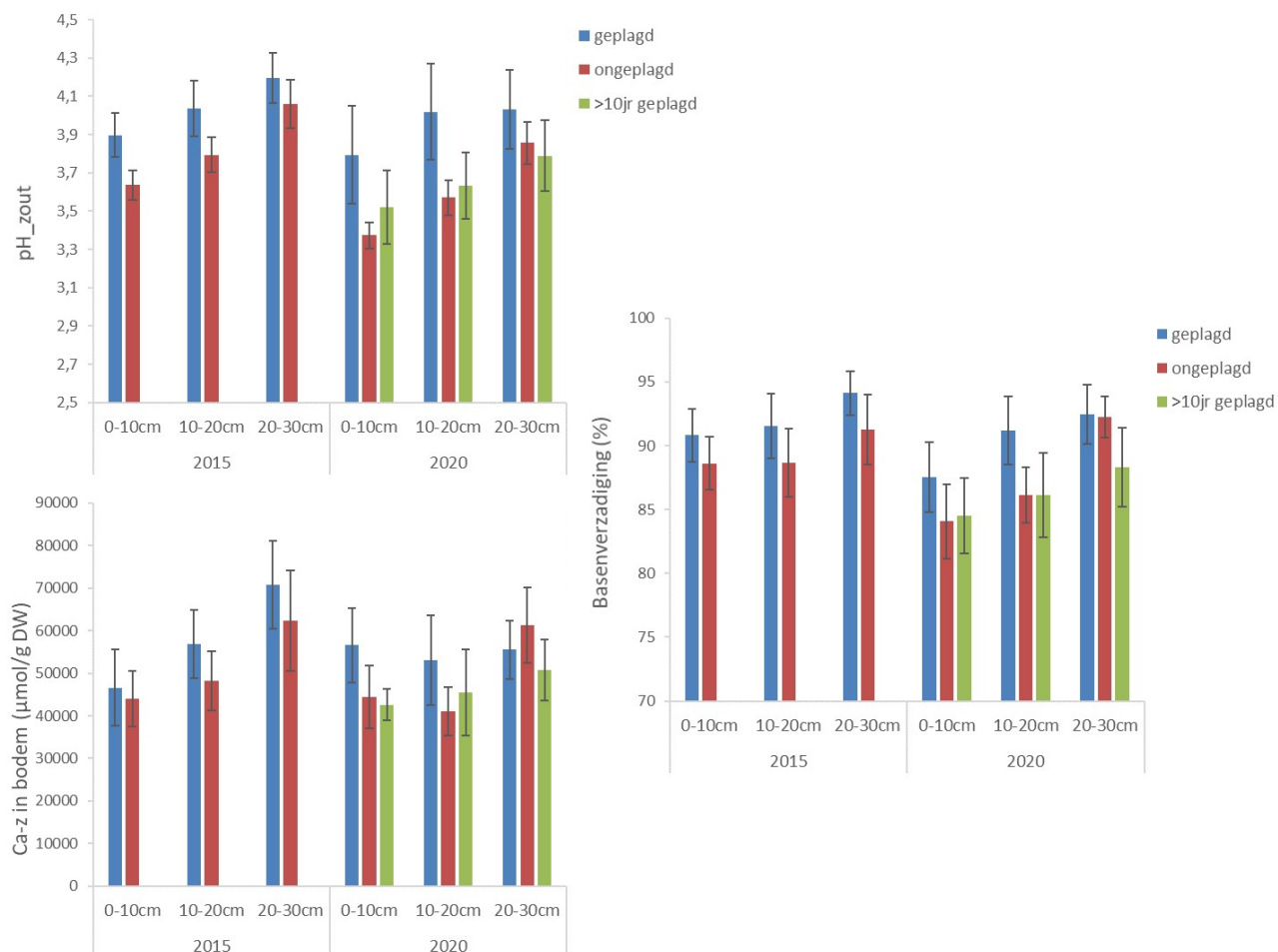
In 2020 is er voor alle plots een afname te zien in de buffering en pH t.o.v. de voorgaande jaren, onafhankelijk van het plaggen (figuur 12). Dit is zeer waarschijnlijk het gevolg van de extreem droge en warme zomer in 2018, en ook 2019 en 2020 waren relatief droog ten opzichte van de jaren hiervoor (bijlage 6). Hierdoor droogt de bodem harder uit waardoor oxidatieprocessen een grotere rol spelen omdat deze langduriger en harder verlopen. Dit zorgt voor een versterkt verzurend effect op de bodem, waardoor de buffering extra wordt aangesproken. Daarnaast speelt verzuring als gevolg van stikstofdepositie een belangrijke rol bij de daling van de pH en uitloging van de bodem.



Figuur 12. pH en Ca concentratie in de bovenste 10 cm van het bodemwater (waterextract) ($\pm$ SEM). De blauwe balken zijn de in 2015 geplagde plots, de rode balken de ongeplagde plots. De groene balken laten de locaties zien die meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd.

Ook dieper in de bodem is de pH en de basenverzadiging structureel wat hoger bij de geplagde plots, vergeleken met de ongeplagde plots (figuur 13). De plots meer dan 10 jaar geleden vertonen dieper in de bodem geen gunstige effecten (meer) van het plaggen, en zijn in 2020 vergelijkbaar met de ongeplagde plots. Bovendien is dieper in de bodem zowel de pH als de basenverzadiging in

2020 wat afgenomen ten opzicht van 2015, wat waarschijnlijk komt door een aantal extreem droge zomers (2018 t/m 2020; bijlage 6), al dan niet in combinatie met atmosferische stikstofdepositie, in de onderzoeksperiode.



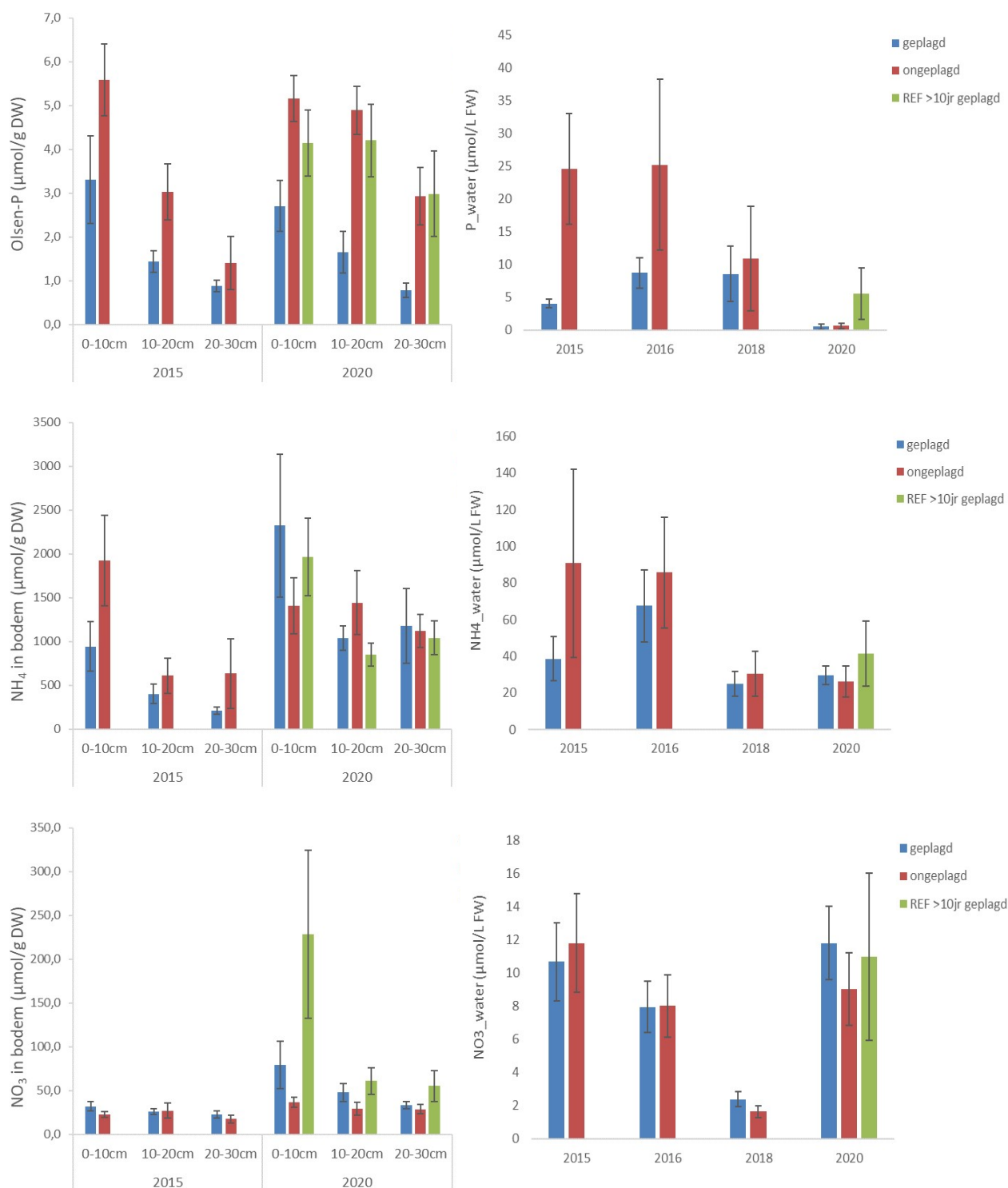
Figuur 13. pH_{zout}, basenverzadiging en Ca concentratie (zoutextract) op 3 dieptes van de bodem (0-10cm; 10-20cm; 20-30cm) (±SEM). De blauwe balken zijn de in 2015 geplagde plots, de rode balken de ongeplagde plots. De groene balken laten de locaties zien die meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd.

Effecten 'plaggen' op de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem

Plaggen leidt tot een directe afname van de P-beschikbaarheid in de toplaag van de bodem, en dit effect van plaggen is na 5 jaar nagenoeg onveranderd gebleven (figuur 14; links). De locaties waar meer dan 10 jaar geleden is geplagd zijn voedselrijker dan de in 2015 geplagde plots, en bovendien meer vergelijkbaar met de ongeplagde plots. Het is echter onbekend of deze bodems bij aanvang van het plaggen wellicht al rijker in P waren, of mogelijk is er minder diep geplagd dan bij de in 2015 geplagde plots. Ook voor ammoniumbeschikbaarheid is er direct na plaggen in 2015 een afname te zien in de bovenste 10 cm van de bodem, terwijl dit op de nitraatbeschikbaarheid geen effect lijkt te hebben (figuur 14; links). De bodembeschikbaarheid van zowel ammonium en nitraat is in 2020 hoger geworden in alle gemeten bodemlagen, maar dit staat los van het plaggen en komt waarschijnlijk door oxidatie en mineralisatie in de relatief droge zomers van 2018 t/m 2020 (bijlage 6).

De P-concentratie in het bodemwater was direct na plaggen ook duidelijk lager, maar in de jaren erna is dit verschil met de ongeplagde locaties verdwenen (figuur 14; rechts). Ook voor ammonium is een afname te zien in het bodemwater gedurende de jaren, dit was zowel het geval in de geplagde als ongeplagde plots. De nitraatconcentratie nam de eerste jaren ook af, maar nam in

2020 juist toe. Dit is mogelijk het gevolg van hoge nitrificatiesnelheden in de toplaag van de bodem, als gevolg van de droge perioden en hoge temperaturen in de extreme zomers in de laatste onderzoeksjaren (2018 t/m 2020; bijlage 6).



Figuur 14. Beschikbaarheid van fosfor (olsen-P), nitraat en ammonium (zoutextract) (±SEM) op 3 dieptes in de bodem (0-10cm; 10-20cm; 20-30cm) (figuren links). De fosfor-, ammonium- en nitraatconcentratie in de bovenste 10 cm van het bodemwater (μmol/L bodem; ±SEM) (figuren rechts). De blauwe balken zijn de in 2015 geplagde plots, de rode balken de ongeplagde plots. De groene balken laten de locaties zien die meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd.

.....

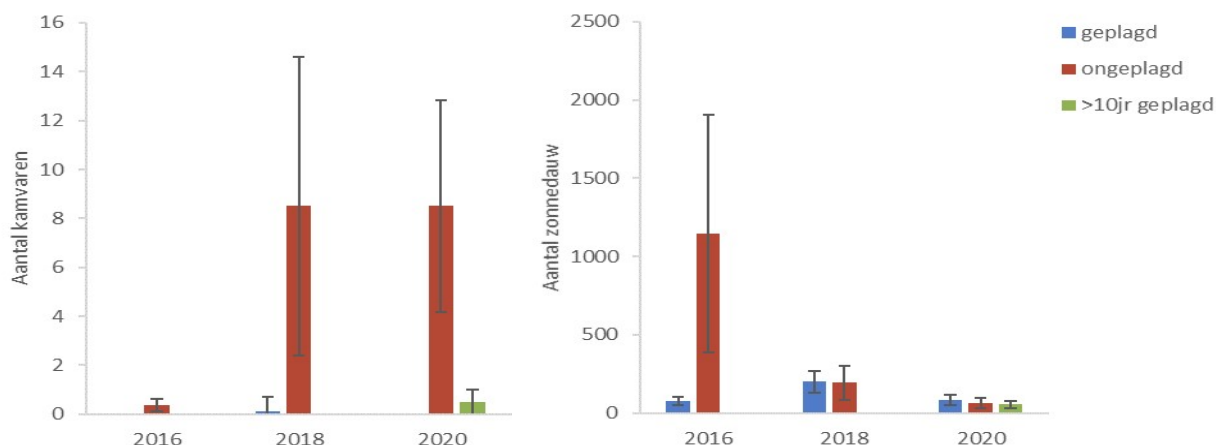
Effecten 'plaggen' op de vegetatie ontwikkeling

Typische soorten voor H7140B

Plaggen heeft een wisselend effect op de aantallen typische soorten (kamvaren en ronde zonnedaauw) in de plots. In de ongeplagde plots is het gemiddeld aantal kamvarens toegenomen van 0,3 in 2016 tot 8,5 in 2018 en 2020 (figuur 15). Opmerkelijk is dat kamvaren in 2018 bestendig verschijnt in drie ongeplagde plots, waar deze soort ontbrak in 2015 en 2016. Mogelijk heeft dit verband met de omschakeling van wintermaaïen naar zomermaaïen, maar dit is lastig te zeggen op basis van de gegevens. Omdat in 2020 er in vier ongeplagde plots zeer recent gemaaid was, en er dus geen opnamen konden worden gemaakt, kan in twee plots waar deze soort in 2015 en 2016 aanwezig was niet worden bevestigd dat dit in 2020 ook zo was. Het gemiddeld hogere aantal in de laatste jaren is dus toe te schrijven aan een toename binnen enkele plots. Of de soort zich ook heeft uitgebreid over meerdere plots sinds 2015 is vanwege het vroege maaïen niet vast te stellen. In de geplagde plots komen na 5 jaar, op één individu in één geplagd plot na, geen kamvarens voor maar die soort ontbrak ook in de opnamen in 2015 in de (daarna) geplagde plots. Opgemerkt wordt dat in 2020 in drie van de acht geplagde plots recent gemaaid was en dus ook hier geen opnamen konden worden gemaakt. Gelet op het hogere aantal in de plots die meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd, heeft kamvaren een lange periode nodig om zich te herstellen c.q. te vestigen omdat kamvaren in slechts één van de acht langer dan 10 jaar gelden geplagde plots, is aangetroffen.

Voor ronde zonnedaauw is het beeld sterk wisselend en voor 2016 vertekend doordat de aantallen in twee van de ongeplagde plots erg hoog waren (enkele duizenden exemplaren). Deze soort staat er ook bekend om flink uit te kunnen breiden na plaggen in bijv. natte heide (persoonlijke observaties). Mogelijk kan ook de omschakeling naar zomermaaïen hier invloed op hebben gehad, omdat percelen daarmee ook meer open van structuur worden. Buiten deze twee plots om waren de gemiddelde aantallen ronde zonnedaauw voor de geplagde en ongeplagde plots echter vergelijkbaar voor de verschillende jaren. Ronde zonnedaauw lijkt in staat zich wel snel te herstellen op het oude niveau; al in 2016 is deze soort in zeven van de acht ongeplagde plots aanwezig. Op basis van het gemiddeld aantal individuen in de meer dan 10 jaar geleden geplagde plots, lijkt het er niet op dat ronde zonnedaauw toeneemt naarmate het langer geleden is dat er geplagd is. Ook voor deze soort geldt dat in 2020 geen opnamen voor deze soort konden worden gemaakt (in vier ongeplagde en vier geplagde plots) omdat er recent gemaaid was. Ronde zonnedaauw lijkt in staat zich snel te herstellen op het oude niveau; al in 2016 is deze soort in zeven van de acht ongeplagde plots aanwezig.

De gemeten fitnessparameters van ronde zonnedaauw en kamvaren kunnen mogelijk meer inzicht geven in het effect van plaggen, dat niet in het aantal individuen per oppervlak terug te zien is. In het eerste jaar na plaggen lijkt ronde zonnedaauw het wel echt slechter te doen dan in de ongeplagde plots, op basis van lengte plant, aantal bloemstengels, aantal bloemen en aantal zaaddozen (tabel 2). Dit is waarschijnlijk het gevolg van jonge, kleinere individuen die de open bodem (her)koloniseren na plaggen. In de vijf jaar na plaggen zijn de lengte plant, breedte grootste blad, aantal bloemstengels en aantal bloemen toegenomen en op het niveau van die in de ongeplagde plots. Tussen de jaren is er binnen de geplagde en ongeplagde plots weinig tot geen verschil. Opmerkelijk is wel dat in beide behandelingen het aantal bloemen in 2020 duidelijk hoger was dan in de jaren daarvoor en het aantal zaaddozen juist lager. Mogelijk is dit een effect van de zeer droge voorjaarsperiode in 2020 t.o.v. de andere jaren (bijlage 6). Dit is mogelijk ook de reden dat minder individuen zich konden ontwikkelen; de soort wortelt feitelijk in de moslaag waarin de vochtbeschikbaarheid sterk bepaald wordt door het neerslag- en verdampingspatroon. Ronde zonnedaauw was in 2020 duidelijk (dus) nog minder ver in dan in de jaren ervoor. De fitness is in de meer dan 10 jaar geleden geplagde plots niet beter dan die in de ongeplagde plots. Plaggen lijkt dus op langere termijn geen effecten te hebben op aantallen en fitness van ronde zonnedaauw.



Figuur 15. Gemiddelde aantallen (+SE) van kamvaren en ronde zonnedaauw in de plots. De blauwe balken zijn de in 2015 geplagde plots, de rode balken de ongeplagde plots. De groene balken laten de locaties zien die meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd.

Tabel 2. Overzicht van de gemeten fitnessparameters van ronde zonnedaauw in de plots, gegroepeerd per behandeling en meetjaar. Waarden geven de gegeven gemiddelde waarde en standaarddeviatie tussen haakjes.

Ronde zonnedaauw	Geplagd			Ongeplagd			>10jr geplagd
	2016	2018	2020	2016	2018	2020	
Lengte plant (basis -uiterste blad) - cm	1.9 (± 0,8)	3.1 (±1.3)	3.4 (±1.2)	3.6 (±1.3)	3.3 (±1.3)	3.0 (±1.4)	3.8 (±1.8)
Breedte grootste blad - mm	6.1 (±1.9)	7.0 (±2.0)	7.2 (±1.4)	6.4 (±2.5)	6.7 (±1.6)	7.7 (±1.2)	6.8 (±1.8)
Aantal bladeren - levend	5.9 (±2,0)	5.1 (±1.9)	5.4 (±1.6)	6.0 (±1.8)	4.9 (±1.8)	5.7 (±1.4)	5.9 (±1.8)
Aantal bladeren - dood	1.1 (±1.3)	3.8 (±2,3)	1.1 (±1.0)	3.5 (±2.4)	3.4 (±2.7)	1.4 (±0.8)	2.5 (±2.0)
Aantal bladeren - in aanleg	1.5 (±0.7)	1.4 (±1,1)	0.5 (±0.6)	1.6 (±0.7)	1.6 (±1.2)	0.5 (±0.6)	0.5 (±0.7)
Aantal bloemstengels	0.1 (±0.3)	0.4 (±0,6)	0.8 (±0,7)	0.6 (±0.8)	0.5 (±0.7)	0.7 (±0.7)	0.6 (±0.8)
Aantal bloemen	0	0.1 (±0,2)	4.9 (±6,4)	2.1 (±3.7)	0	5.5 (±6,6)	2.4 (±5.7)
Aantal zaaddozen	0.7 (±3,9)	2.4 (±5,7)	0	1.6 (±5.0)	3.1 (±4.8)	0	3.3 (±5.5)

Voor kamvaren kan geen goede vergelijking worden gemaakt tussen de geplagde en ongeplagde plots, aangezien er in de geplagde plots slechts één exemplaar is waargenomen. Binnen de ongeplagde plots laten de kamvarens wel een daling in fitness zien door de jaren heen (tabel 3). Lengte plant, aantal levende bladeren en aantal bloemstengels nemen af van 2016 tot 2020. In vergelijking met de meer dan 10 jaar geleden geplagde plots zijn enkele van de fitnessparameters in 2020 ook lager in de ongeplagde plots. Dit laat zich lastig verklaren omdat hier waarschijnlijk geen effect van de zeer droge voorjaarsperiode in 2020 speelt, omdat deze soort (diep) wortelt in de kragge waarin de vochtbeschikbaarheid meer op peil wordt gehouden dan in de moslaag als gevolg van capillaire opstijging.

Op basis van deze gegevens kan worden geconcludeerd dat plagen geen aantoonbaar positief of negatief effect heeft op het voorkomen of de fitness van de typische soorten voor H7140B: ronde zonnedaauw of kamvaren.

Tabel 3. Overzicht van de gemeten fitnessparameters van kamvaren in de plots, gegroepeerd per behandeling en meetjaar. Waarden geven de gegeven gemiddelde waarde en standaarddeviatie tussen haakjes.

<u>Kamvaren</u>	Geplagd			Ongeplagd			>10jr geplagd
	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2020
Lengte plant (basis -uiterste blad) - cm	-	27.5	-	27.0 (±16.0)	18.3 (±7.6)	12.3 (±5.2)	26.5 (±5.3)
Breedte grootste blad - mm	-	6	-	3.5 (±0.8)	5.8 (±2.8)	4.2 (±1.5)	5.5 (1.4)
Aantal bladeren - levend	-	1	-	16.7 (±2.1)	3.8 (±1.5)	2.8 (±0.9)	4.8 (±1.5)
Aantal bladeren - dood	-	0	-	0	0	0	0.3 (±0.5)
Aantal bladeren - in aanleg	-	0	-	0	0	0.2 (±0.4)	0
Aantal bloemstengels	-	0	-	5.0 (±1.0)	0	0	0

Soortgroepen voor drie stadia van veenmosrietland

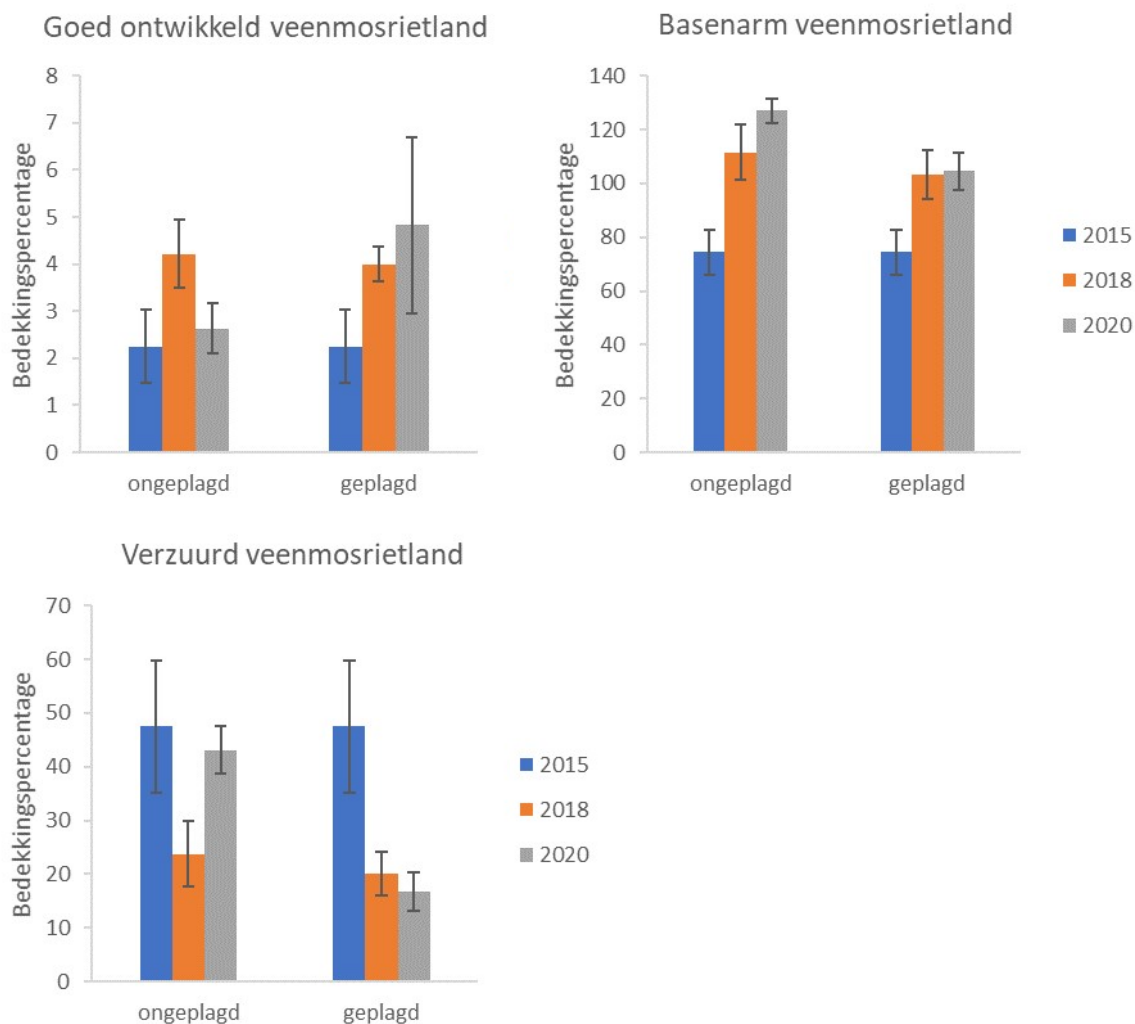
Het cumulatieve bedekkingspercentage per ontwikkelstadium van veenmosrietland wordt in figuur 16 weergegeven als gemiddelde voor de geplagde en ongeplagde plots over de verschillende opnamejaren. Hiervoor is een onderscheid gemaakt tussen soorten kenmerkend voor ‘goed ontwikkeld veenmosrietland’, ‘basenarm veenmosrietland’ en ‘verzuurd veenmosrietland’. Omdat er geen vegetatieopnames beschikbaar waren van de geplagde plots voorafgaand aan het plaggen wordt in 2015 hetzelfde bedekkingspercentage voor de geplagde plots weergegeven als die van de ongeplagde plots in 2015 waar wel opnames van waren. De ongeplagde plots gelden hier dus als T=0 voor alle plots (zowel geplagd als ongeplagd).

In figuur 16 is te zien dat het bedekkingspercentage voor ‘goed ontwikkeld veenmosrietland’-soorten toeneemt in de geplagde plots en dat dit schommelt bij de ongeplagde plots. Het totaal bedekkingspercentage van ‘goed ontwikkeld VMR’ is echter relatief laag, de verschillen zijn klein (enkele procentpunten) en de standaarderror is groot. Daarnaast wordt het relatief hoge bedekkingspercentage bij de geplagde plots in 2020 grotendeels gestuurd door de relatief hoge bedekking (10%) van glanzend veenmos in één enkele plot. Dit verklaart ook de grote standaarderror. Dessel niettemin lijkt plaggen op middellange termijn een licht positief effect te hebben op het bedekkingspercentage van ‘goed ontwikkeld veenmosrietland’-soorten.

Voor de ‘basenarm veenmosrietland’-soorten is te zien dat het bedekkingspercentage in zowel geplagd als ongeplagd een stuk hoger is in 2018 dan in 2015 (figuur 16). Deze stijging lijkt zich in de ongeplagde plots in mindere mate ook door te zetten in 2020, terwijl dit in de geplagde plots stabilliseert. Het bedekkingspercentage was in 2015 in de geplagde plots (direct na plaggen, data niet in grafiek weergegeven) (logischerwijs) een stuk lager (44 %) dan de weergegeven T=0 voor de ongeplagde plots (74 %). Plaggen lijkt dus vooral op korte termijn het bedekkingspercentage ‘basenarm veenmosrietland’-soorten te kunnen verminderen. Na enkele jaren neemt dit bedekkingspercentage toch weer toe. Dit komt overeen met de pH en buffercapaciteit, die na plaggen leidden tot een tijdelijke toename, maar na ongeveer 5 jaar ook weer daalden.

Het bedekkingspercentage van ‘verzuurd veenmosrietland’-soorten schommelt in de ongeplagde plots flink en is in de geplagde plots een stuk lager dan op T=0 (figuur 16). Het bedekkingspercentage was in 2015 in de geplagde plots (direct na plaggen, data niet in grafiek weergegeven) zelfs (logischerwijs) nog veel lager (4 %) dan de weergegeven T=0 voor de ongeplagde plots (47 %). Plaggen is dus zeer effectief om het bedekkingspercentage van ‘verzuurd

veenmosrietland'-soorten op korte termijn te verlagen, maar ook om het na 5 jaar nog laag te houden.



Figuur 16. Gemiddelde (+SE) van het cumulatieve bedekkingspercentage van soorten binnen de drie vegetatieklassen: 'goed ontwikkeld veenmosrietland', 'basenarm veenmosrietland' en 'verzuurd veenmosrietland' (conform Van Diggelen et al. (2018)). Het bedekkingspercentage is in 2015 voor beide behandelingen hetzelfde aangezien de ongeplagde plots ook als T=0 voor de geplagde plots wordt gebruikt. Let op het verschil in schaalniveau op de y-as.

Uit de gemonitorde vegetatieontwikkelingen valt te concluderen dat plaggen een positief effect heeft op de vegetatie. Soorten van 'verzuurd veenmosrietland' hebben op korte termijn en op middellange termijn een flink lagere bedekking als gevolg van plaggen. Voor soorten van 'basenarm veenmosrietland' is plaggen vooral op korte termijn effectief in het verlagen van de bedekking. Soorten van 'goed ontwikkeld veenmosrietland' nemen als gevolg van plaggen op middellange termijn iets toe in bedekking, maar deze verschillen zijn klein en het gaat hier überhaupt om lage bedekkingen. Het effect van plaggen zal zich vegetatiekundig dan ook eerder merkbaar uiten door een lagere bedekking 'slecht ontwikkeld veenmosrietland'-soorten dan door een hogere bedekking 'goed ontwikkeld veenmosrietland'-soorten. Dit is deels inherent aan de typische lage bedekkingspercentages die de soorten uit deze laatste categorie doorgaans bereiken.

.....

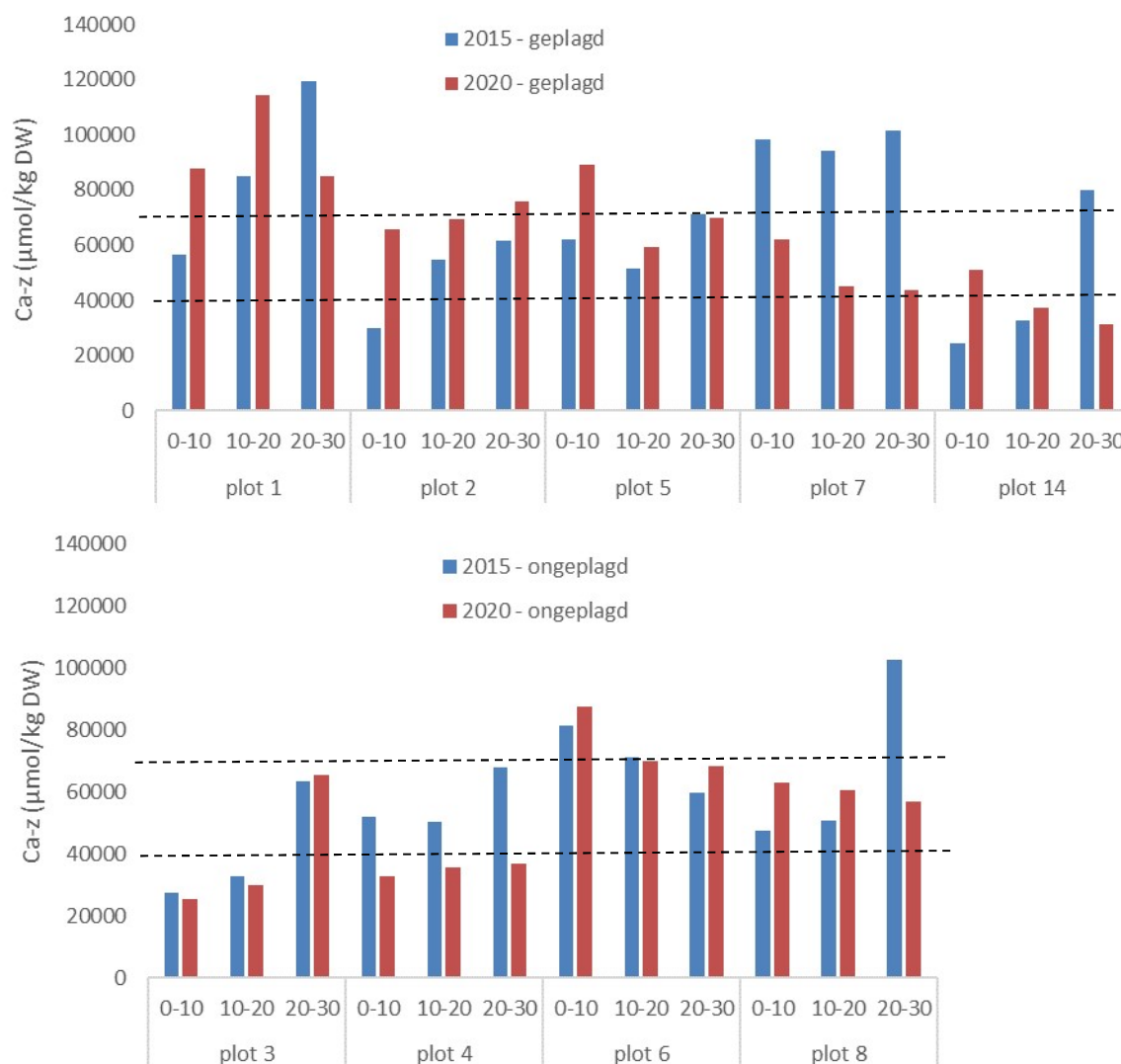
Clustering van de vegetatieopnamen middels TWINSpan

Clustering van de opnamen leidt tot het vormen van groepen opnamen (tabel 4). Dat is te zien aan de kleurtjes in de 2^e regel, welke de splitsing in 0 en 1 volgt onderaan in tabel 4. Wanneer we die opnamen koppelen aan het tijdstip van opname (T=0, T=5 of T=>10 jaar) en aan wel of niet geplagd (weergegeven middels de kleurtjes in regel 1, zie ook de legende onderaan de tabel), dan valt op dat er drie groepen te onderscheiden zijn waarin meerdere opnamen bij elkaar worden gezet. Dat zijn allereerst twee groepen (roze) van elk drie opnamen van T=>10 (geplagd) aan beide uiteinden van de tabel en een groep (donkergrijs) van drie opnamen van T=5 geplagd (plot 2, 5 en 7). Zes van acht opnamen van T=>10 (geplagd) en drie van de vier opnamen van T=5 geplagd worden dus onderscheiden. De opnamen van T=0 en die van T=5 ongeplagd staan duidelijk meer verspreid en door elkaar heen in de tabel. Plaggen leidt dus na 5 en (>)10 jaar tot een duidelijk andere vegetatie.

Plaggen lijkt na 5 jaar te hebben geleid tot een voedselarmere vegetatie, die bovendien minder zure condities (iets meer gebufferde condities) kenmerken zoals glanzend veenmos, gewoon gaffeltandmos, moeraskartelblad, en moeraswederik. De geplagde plots 1, 2, 5 en 7 laten wat betreft de hoeveelheid Ca_zout in de bodem ook na 5 jaar nog steeds hogere waarden zien (>70000 $\mu\text{mol/kg DW}$; figuur 17). Ook de ongeplagde plots 6 en 8 laten een redelijk gebufferde bodem zien, waarvan plot 8 ook in de groep van iets gebufferde, voedselarmere vegetaties zit volgens Twinspan. Dit in tegenstelling tot de geplagde plot 14 en ongeplagde plots 3 en 4, die worden geschaard onder de zure vegetaties (figuur 17). Dat komt overeen met de lagere Ca_zout concentraties in de bodem van deze plots (<40000 $\mu\text{mol/kg DW}$).

Na (meer dan) 10 jaar plaggen worden er 2 afzonderlijke groepen gevonden in de analyse. De lange termijn effecten van plaggen op de vegetatiesamenstelling zijn dus duidelijk weer anders dan de effecten van 5 jaar na plaggen. Aan de ene kant lijkt plaggen op de lange termijn te leiden tot soorten die voorkomen op zure bodem, zoals levermossen en meer voedselrijkere ruigere soorten zoals pluimzegge, wolfspoot en harig wilgenroosje (groep helemaal rechts in tabel 4). Aan de andere kant onderscheidt zich een groep met soorten die meer kenmerkend zijn voor voedselarmere, maar zuurdere bodem zoals zachte berk en zwarte appelbes (groep helemaal links, tabel 4). Het lijkt er dus op dat plaggen op de middel-lange termijn (5 jaar) wel een relatieve verbetering laat zien wat betreft voedselrijkdom en buffering van de bodem (niet altijd). Op de lange termijn (>10 jaar) na plaggen, daarentegen, zijn alle bodems weer verzuurd. De voedselrijkdom in de plots is dan bepalend voor de vegetatie die er uiteindelijk domineert.

Om de gunstige effecten van plaggen te behouden op de lange termijn zijn er dus aanvullende maatregelen nodig, met name om de buffering op peil te houden. Hiervoor kan gedacht worden aan de aanvoer van gebufferd water, bijvoorbeeld door jaarlijks (tijdelijke) bevoeiing of inundatie met oppervlakte water. Wat betreft de voedselrijkdom lijkt (in ieder geval de helft van de plots) ook na 10 jaar nog relatief voedselarm te zijn. Verschraling als gevolg van plaggen blijft dus ook op de lange termijn veelal nog intact. De aanwezigheid van ruigtesoorten in een aantal geplagde plots zou mogelijk een gevolg kunnen zijn van (te) diep plaggen, waarbij de hele moslaag weg is en de drogere condities leiden tot meer mineralisatie (en dus een hogere nutriëntenbeschikbaarheid).



Figuur 17. De Ca_zout concentratie ($\mu\text{mol/kg DW}$) in 3 bodemdieptes van de geplagde (n=5) en ongeplagde (n=4) monitoring plots die in de TWINSpan analyse zijn meegenomen.

.....

34

Conclusies ‘spoor 2’

- De **toplaag** van veenmosrietlanden zijn allemaal **zeer gevoelig voor verzuring**, plaggen verandert hier niets aan (maakt het mogelijk zelfs erger op de langere termijn door zwaveloxidatie).
- Op de **middellange termijn (5 jaar)** lijkt **plaggen te leiden tot wat voedselarmere en meer gebufferde condities** (zichtbaar in zowel de vegetatie samenstelling als ook in de bodemchemie)
- Op de **lange termijn (10 jaar)** lijkt het **effect van meer voedselarmere en gebufferde condities als gevolg van plaggen verdwenen**; dit is echter niet in dezelfde plots gemeten. Wellicht zijn er initiële verschillen geweest in de bodemchemie van deze percelen, zijn er verschillen in beheer geweest in al die jaren, of is er wellicht anders (minder diep) geplagd? Omdat er zoveel mogelijke factoren zijn is het lastig om heel harde lange-termijn conclusies te trekken. Het lijkt ons daarom zinvol om de plots die we nu 5 jaar hebben gevolgd over 5 jaar nog een keer te bemonsteren en opnamen te maken om lange termijn effect te meten.
- **Na plaggen lijkt Ronde zonnedauw in staat zich snel te herstellen** op het oude niveau, terwijl kamvaren niet snel hersteld. Op de lange termijn heeft plaggen geen aantoonbaar positief of negatief effect heeft op het voorkomen of de fitness van de typische soorten ronde zonnedauw of kamvaren.
- Plaggen is zeer effectief om het **bedekkingspercentage van ‘zure’ soorten te verlagen**, en dit effect blijft ook na 5 jaar zichtbaar. Na 5 jaar neemt het bedekkingspercentage van ‘basenarm veenmosrietland’-soorten wel weer toe.
- Alleen het uitvoeren van de maatregel **plaggen leidt niet direct tot behoud ofwel herstel van goed ontwikkeld en basenrijk veenmosrietland**. Het lijkt echter wel in de basis een stap in de goede richting te geven (korte termijn effect; meer buffering, voedselarmer). Ook de geplagde plots blijken echter op iets langere termijn weer snel te verzuren ofwel te verruigen, deels door verdroging. Een andere mogelijkheid om verzuring en verdroging te voorkomen zou kunnen zijn het contact met basenrijk oppervlaktewater te vergroten, mits deze niet te nutriëntenrijk is. Mogelijk is de combinatie van plaggen op verschillende diepte met aanleg van greppels e.d. een goede beheermaatregel op verschillende successiestadia van veenmosrietlanden in het gebied te behouden.

Synthese en aanbevelingen

Algemene conclusies

- De kwaliteit van de veenmosrietlandvegetaties in de Nieuwkoopse plassen en de Haeck kan niet worden verklaard door verschillen in nutriëntenlimitatie.
- Wel is er sprake van een relatief zure toplaag van de bodem (0-30 cm) in veenmosrietlanden in de Nieuwkoopse Plassen en de Haeck. Hierbij werd wel een verschil in pH-zout gevonden tussen relatief 'goede' veenmosrietlanden (pH-z 3,6 - 3,8) en 'matige' veenmosrietlanden (pH-z 3,4 - 3,5). Het verschil in kwaliteit van veenmosrietlanden lijkt daarom vooral te komen door een afname van de buffercapaciteit, oftewel door verzuring.
- Buffering verloopt via uitwisseling van kationen (Ca, Mg, K) die gebonden zitten aan het bodemadsorptiecomplex. In de toplaag van de bodems is alle calcium die nog aanwezig is slechts gebonden aan het bodemadsorptiecomplex, en zal worden uitgewisseld met protonen wanneer er verzuring optreedt. De uitgewisselde kationen spoelen uit en op deze manier heeft er al veel uitloging van kationen plaatsgevonden in de toplaag. Dit in tegenstelling van diepere bodemlagen, waar er ook nog calcium in de vorm van kleideeltjes aanwezig is waaruit het bodemadsorptiecomplex nog kan opladen.
- Door de relatief lage buffering en gebrek aan oplading van kationen vanuit bijv. kleideeltjes in de toplaag van de bodems, zijn de bovenste 30 cm van de bodems in de veenmosrietlanden dus zeer gevoelig voor verzuring. Verzuring treedt zowel op door verdroging en lage grondwaterstanden in veenmosrietlanden, als ook door atmosferische stikstofdepositie.
- Op de middellange termijn (5 jaar) lijkt plaggen te leiden tot wat voedselarmere en meer gebufferde condities.
- Plaggen is zeer effectief om het bedekkingspercentage van 'zure' soorten te verlagen, en dit effect blijft ook na 5 jaar nog zichtbaar. Na 5 jaar neemt het bedekkingspercentage van 'basenarm veenmosrietland'-soorten wel weer toe. Er lijkt rond deze termijn van 5 jaar dus een limiet te zitten aan het positieve effect van plaggen.
- Op de lange termijn (10 jaar) lijkt het effect van meer voedselarmere en gebufferde condities als gevolg van plaggen verdwenen. Dit is echter niet in dezelfde plots gemeten waardoor er hieruit moeilijk harde conclusies worden getrokken over het lange termijn effect. Het lijkt ons daarom zinvol om de plots die sinds 2015 zijn gemonitord over 5 jaar nog een keer te bemonsteren en opnamen te maken om lange termijn effect te meten.
- Om de gunstige effecten van plaggen te behouden op de lange termijn zijn er dus aanvullende maatregelen nodig, met name om de buffering op peil te houden. Hiervoor kan gedacht worden aan de aanvoer van gebufferd water. Hierover meer in de volgende paragraaf.

Buffering opladen: aanvoer basenrijk en nutriënten-arm oppervlaktewater

Alleen plaggen, zonder de invloed van basenrijk oppervlaktewater te verhogen, zal naar verwachting op relatief korte termijn weer tot verzuring en verdroging leiden op de geplagde percelen (op basis van het huidige onderzoek binnen ca. 5 jaar). Het is hierom extra van belang de invloed van basenrijk oppervlaktewater te verhogen om hiermee verdere verdroging en verzuring

.....

tegen te gaan en duurzaam behoud en herstel van veenmosrietlanden en overgangsvennen mogelijk te maken.

Door een combinatie van factoren, zoals verdroging, hydrologische isolatie van laagveengebieden, eutrofiëring en stikstofdepositie, neemt de invloed van basenrijk nutriëntarm water af en wordt hiermee de vegetatieve successie versneld (Van Diggelen et al., 2018). Deze versnelde successie leidt tot verzuring en verzuiging en hiermee tot achteruitgang van de kwaliteit van veenmosrietlanden, en gaat de successie door naar andere habitats zoals moerasheide (verzuring) of pijpenstrootje rietlanden (verdroging en verzuiging). De mate van verzuring wordt sterker indien de bedekking van veenmossen toeneemt, omdat deze zelf zuur produceren en de omgeving actief verzuren. Vooral snelgroeïende soorten als Hakig en Fraai veenmos zijn hier goed in (Kooijman & Bakker, 1994), en Gewoon veenmos waarschijnlijk ook. Bovendien wordt de groei van bepaalde veenmossen sterk gestimuleerd onder de huidige condities van verdroging en verhoogde stikstofdepositie.

De afgelopen jaren is er veel onderzoek verricht naar de achteruitgang van de subhabitattypen trilvenen en veenmosrietlanden in Nederlandse laagvenen, onder andere ook in de Nieuwkoopse Plassen. Als een van de belangrijkste factoren voor behoud en herstel van deze subhabitattypen en de vertraging van de vegetatieve successie is de invloed van basenrijk en nutriëntarm water (Kooijman et al., 2018; Van Diggelen et al., 2018). Zo blijkt uit recent onderzoek dat bevloeiing (in de Wieden; Aggenbach et al., 2020) ofwel grootschalige inundatie (in de Rottige Meente; Kanters et al., 2021) met basenrijk oppervlaktewater tot behoud en herstel van deze subhabitattype kan leiden. De invloed van basenrijk oppervlaktewater leidt op meerdere vlakken tot succes; (1) het voorkomt verdroging en uit verdroging voortkomende verzurende processen, (2) het leidt tot directe aanvoer van basische kationen en daarmee tot verhoogde buffering en basenrijkdom en (3) het leidt tot een afgeremde successie door stress voor veenmossen.

Uit recent onderzoek blijkt dat de blootstelling aan gebufferd oppervlaktewater negatief is voor de overleving van veenmos (Koks et al., 2019) en hiermee de successie kan worden vertraagd. Veenmossen zijn echter een essentieel onderdeel van veenmosrietlanden en moeten dan ook zeker niet (te hard) bestreden worden. Langdurige inundatie of bevloeiing met basenrijk water op een veenmosrietland is niet positief voor het behoud, omdat dit zal leiden tot stress/toxiciteit en uiteindelijk sterfte van de aanwezige veenmossen en doelsoorten als ronde zonnedaauw en kamvaren. Invloed van basenrijk water in de wortelzone van veenmosrietlanden kan echter wel degelijk positief zijn voor behoud van veenmosrietland, omdat hiermee de versnelde successie door verzuring en verdroging richting moerasheide, pijpenstrootje rietland of haarmos-gedomineerde vegetatie wordt geremd.

Ook in de Nieuwkoopse plassen is uit recent onderzoek gebleken dat verhoging van de invloed van basenrijk oppervlaktewater (in dit geval doormiddel van oppervlakkig plaggen en aanleg van greppels) kan leiden tot succesvol herstel van basenrijke vormen van subhabitattypen trilvenen en veenmosrietlanden (Stofberg et al., 2018). Uit deze studie bleek echter ook dat het oppervlaktewater in de Nieuwkoopse plassen (lokaal) reeds zwak gebufferd en is daarmee niet altijd ideaal om de basenrijkdom te verhogen (Stofberg et al., 2018). Dit wil niet zeggen dat het nergens mogelijk is; de buffering van het oppervlaktewater vertoont een gradiënt binnen het gebied, en de mate van buffering is daarom sterk afhankelijk van de locatie.

Voor het duurzaam beheer van veenmosrietlanden in een gebied is het van belang breder te kijken dan enkel veenmosrietlanden, maar ook te kijken naar alle successie-stadia die hieraan vooraf gaan en welke hieruit voortkomen. In het geval van veenmosrietlanden zijn de voorgaande stadia vaak trilvenen en overgangsvennen (Van Diggelen et al., 2018). Indien in deze systemen de invloed van basenrijk oppervlaktewater afneemt kunnen hier veenmosrietlanden uit ontstaan. Omdat veenmosrietlanden laat in de successie reeks volgen, en successie een voortdurend proces is, is het

.....

behoud van alle stadia uiteindelijk ook essentieel voor het behoud van veenmosrietlanden op gebieds- en landschapschaal.

Aanbevelingen voor beheer

- Om de doorgaande verzuring tegen te gaan is het altijd goed om verdroging of te lage grondwaterstanden zoveel mogelijk te voorkomen. Ook de bestrijding van atmosferische stikstofdepositie is ten alle tijden nuttig. Deze verzurende processen zullen nooit helemaal terug gedrongen kunnen worden, en de buffercapaciteit in de bovenste 30 cm van de veenmosrietlanden is al (vrijwel) uitgeput. Daarom moet voor deze verzurende componenten extra gecompenseerd worden met externe aanvoer van buffering.
- Voor behoud en herstel van veenmosrietlanden wordt aangeraden om te plaggen in combinatie met de aanvoer van gebufferd (basenrijk) water. Dit kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door jaarlijkse (tijdelijke) bevoeiing of inundatie met oppervlakte water.
- Check van te voren of het oppervlaktewater voldoende basenrijk is om de buffercapaciteit in het veenmosrietland te vergroten.

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 Natuureigenaren, Driebergen.

Damm, T. van & R. van 't Veer (2010) Vegetatie- en soortkartering Nieuwkoopse Plassen & De Haack 2009. Inclusief habitatkaart 2009 en soortgegevens van 2006-2008. Van der Goes en Groot-Rapport 2010-8.

Kanters S., Koks A.H.W., Van Dijk G., Kooijman A.M., Cusell C. (2021) Effect van hydrologische maatregelen en inundaties op het behoud en herstel van trilveenvegetaties in de Rottige Meente. Witteveen + Bos, Onderzoekcentrum B-WARE, Universiteit van Amsterdam

Koerselman, W. & A. Meuleman (1996) The vegetation N:P ratio: A new tool to detect the nature of nutrient limitation. *Journal of Applied Ecology* 33: 1441-1450.

Koks A.H.W., Van Dijk G., Smolders A.J.P., Lamers L.P.M., Fritz C. (2019) The effects of alkalinity and cations on the vitality of *Sphagnum palustre* L. *Mires and peat* 24:1-14

Kooijman, A.M. & C. Bakker (1994) The acidification capacity of wetland bryophytes as influenced by clean and polluted rain. *Aquatic Botany* 48:133-144.

Kooijman, A.M., C. Cusell, R. Loeb & J.M.H. van Diggelen (2018) Mesotrofe verlanding en behoud van trilvenen. *Landschap* 35(2): 83-91.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Roelofs, J.G.M. (2002) Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120, 635-646.

Olde Venterink, H., Wassen M.J., Verkroost, A.W.M., De Ruiter, P.C. (2003) Species richness-productivity patterns differ between N-, P-, and K-limited wetlands.

Stofberg, S., G. van Dijk, J. Mandemakers, C. Cusell, T. Muijen, A. Kooijman (2019) Verzuring en ontwikkeling van trilveenvegetaties in De Haak, KWR 2019.038

Van den Broek, T., Smolders, A., van der Welle, M. (2011) Bodemchemisch onderzoek veenmosrietlanden in de Nieuwkoopse Plassen & De Haack. Onderzoek in relatie tot de kritische depositiewaarde voor stikstof. Definitief rapport Royal Haskoning, 9W9365a0.

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 habitatype H7140 (Natura 2000). Rapport 2018/OBN220-LZ, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen.

Bijlage 1. TWINSpan analyse vegetatieopnamen 2015 & 2018

40

Bijlage 2. Statistische analyses

Nutrientenratio's vaatplanten

Between-Subjects Factors

		N
kwaliteit	Goed 1	9
	Goed 2	5
	Matig 3	6
	Matig 4	4
jaar	2012,00	12
	2015,00	12

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NPvp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
kwaliteit	41,805	3	13,935	,693	,569
jaar	62,642	1	62,642	3,116	,095
kwaliteit * jaar	28,680	2	14,340	,713	,504

a. R Squared = ,350 (Adjusted R Squared = ,121)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NKvp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
kwaliteit	,559	3	,186	,631	,605
jaar	,678	1	,678	2,294	,148
kwaliteit * jaar	,445	2	,222	,753	,486

a. R Squared = ,339 (Adjusted R Squared = ,105)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KPvp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
kwaliteit	5,450	3	1,817	,229	,875
jaar	,145	1	,145	,018	,894
kwaliteit * jaar	2,363	2	1,182	,149	,863

a. R Squared = ,062 (Adjusted R Squared = -,269)

.....

Bodemparameters voor buffering

Between-Subjects Factors

		N
jaar	2012,00	24
	2015,00	41
diepte	>200	5
	0-30	24
	30-50	24
	50-100	11
	50-75	1

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CaTot

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
jaar	5336,192	1	5336,192	,896	,348
diepte	337032,326	4	84258,082	14,146	,000
jaar * diepte	4659,050	1	4659,050	,782	,380

a. R Squared = ,561 (Adjusted R Squared = ,516)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH_z

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
jaar	,188	1	,188	1,615	,209
diepte	17,597	4	4,399	37,887	,000
jaar * diepte	,003	1	,003	,029	,866

a. R Squared = ,746 (Adjusted R Squared = ,720)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Ca_z

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
jaar	1292791636,0	1	1292791636,0	,812	,371
diepte	22322475430,0	4	5580618857,0	3,503	,013
jaar * diepte	1373407101,0	1	1373407101,0	,862	,357

a. R Squared = ,263 (Adjusted R Squared = ,186)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Al_FeTot

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
jaar	556,922	1	556,922	,025	,874
diepte	468385,629	4	117096,407	5,345	,001
jaar * diepte	6900,005	1	6900,005	,315	,577

a. R Squared = ,303 (Adjusted R Squared = ,230)

Bijlage 3. Chemische data onderzoekspoor 1

			vegetatie	vegetatie	vegetatie	vegetatie	vegetatie
			g/g	g/g	g/g	g/g	g/g
	kwaliteit	Vegetatie	C/N	N/P	C/P	N/K	K/P
2011	Goed-PR	mossen	28,2	20,2	569,3	2,8	7,3
2011	Goed-PR	mossen	34,0	25,4	864,3	3,1	8,3
2011	Goed-PR	mossen	38,0	12,0	457,2	2,3	5,2
2011	Goed-PR	mossen	41,7	30,8	1284,1	3,5	8,9
2011	Goed-PR	mossen	30,2	32,6	984,4	5,7	5,7
2011	Goed-PR	mossen	40,5	28,5	1155,2	2,3	12,5
2015	Goed-PR	mossen	53,1	17,9	951,0	2,0	9,1
2015	Goed-PR	mossen	33,2	11,9	393,8	3,3	3,6
2015	Goed-PR	mossen	42,4	10,6	449,2	0,6	16,3
2011	Goed-KV	mossen	32,9	16,5	542,7	2,2	7,3
2011	Goed-KV	mossen	43,3	16,5	714,2	2,4	6,9
2011	Goed-KV	mossen	41,2	11,0	453,4	1,7	6,5
2011	Goed-KV	mossen	35,2	19,2	673,8	2,1	9,1
2015	Goed-KV	mossen	30,8	15,0	461,9	3,1	4,8
2015	Matig-HM	mossen	49,8	12,8	635,5	1,9	6,8
2015	Matig-HM	mossen	28,7	21,9	627,9	4,8	4,5
2015	Matig-HM	mossen	58,7	17,3	1014,1	1,8	9,7
2015	Matig-HM	mossen	39,4	19,8	779,2	0,9	22,4
2015	Matig-HM	mossen	58,8	19,5	1144,6	1,3	15,2
2015	Matig-HM	mossen	34,1	13,3	455,1	2,6	5,1
2011	Matig-VS	mossen	30,1	18,3	551,5	3,3	5,5
2011	Matig-VS	mossen	38,6	23,1	891,5	2,3	10,0
2015	Matig-VS	mossen	36,4	13,9	506,2	1,8	7,9
2015	Matig-VS	mossen	40,8	21,4	870,9	1,5	14,6
2011	Goed-PR	vaatplanten	36,3	12,5	454,9	1,2	10,2
2011	Goed-PR	vaatplanten	39,5	19,3	764,5	1,7	11,3
2011	Goed-PR	vaatplanten	36,3	11,6	421,9	0,9	12,5
2011	Goed-PR	vaatplanten	44,1	21,5	949,4	2,1	10,2
2011	Goed-PR	vaatplanten	51,2	9,2	469,6	1,9	4,9
2011	Goed-PR	vaatplanten	56,0	12,7	713,6	1,1	11,9
2015	Goed-PR	vaatplanten	33,2	22,6	749,5	1,9	11,6
2015	Goed-PR	vaatplanten	33,4	13,0	435,4	1,2	10,7
2015	Goed-PR	vaatplanten	36,3	14,4	521,7	2,4	6,0
2011	Goed-KV	vaatplanten	46,1	7,1	329,0	0,9	7,8
2011	Goed-KV	vaatplanten	50,6	13,3	674,0	2,0	6,6
2011	Goed-KV	vaatplanten	37,6	11,4	428,8	1,1	10,5
2011	Goed-KV	vaatplanten	49,5	8,9	439,1	0,8	11,7
2015	Goed-KV	vaatplanten	32,9	12,6	414,3	1,2	10,4
2015	Matig-HM	vaatplanten	34,8	20,4	707,7	2,6	7,8
2015	Matig-HM	vaatplanten	28,7	25,1	719,4	2,1	12,2
2015	Matig-HM	vaatplanten	49,2	14,1	693,6	1,5	9,5
2015	Matig-HM	vaatplanten	35,2	13,8	486,4	1,6	8,4
2015	Matig-HM	vaatplanten	40,0	11,0	441,5	1,1	10,1
2015	Matig-HM	vaatplanten	28,7	13,2	379,0	2,4	5,6
2011	Matig-VS	vaatplanten	40,2	8,4	337,2	1,0	8,2
2011	Matig-VS	vaatplanten	53,1	10,7	569,0	0,8	12,6
2015	Matig-VS	vaatplanten	37,7	19,5	734,8	1,4	14,3
2015	Matig-VS	vaatplanten	40,5	16,6	673,3	2,5	6,8

Natura 2000-onderzoek naar veenmosrietlanden in Nieuwkoopse Plassen & De Haeck

[illegible]

.....

Bijlage 4. Koppels van geplagde en ongeplagde plots in Spoor 2

Geplagde plotnummers	Ongeplagde plotnummers
1	4
2	3
5	6
7	8
9	10
11	12
13	16
14	15

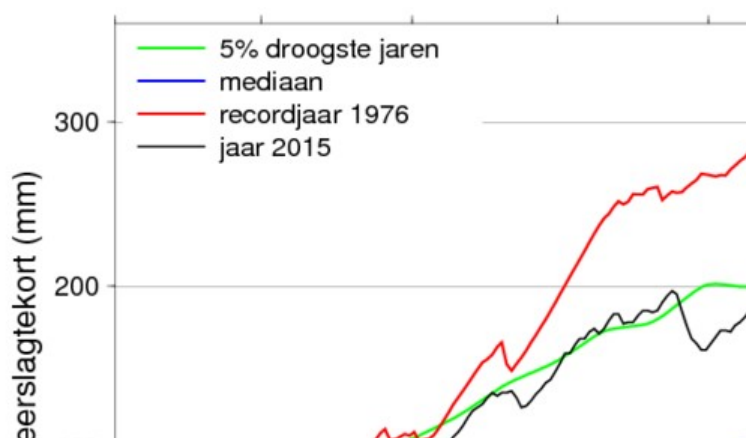
Waterextract toplaag (0-10 cm) alle onderzoeksjaren

47

Bijlage 6 Neerslagtekorten 2015 t/m 2020

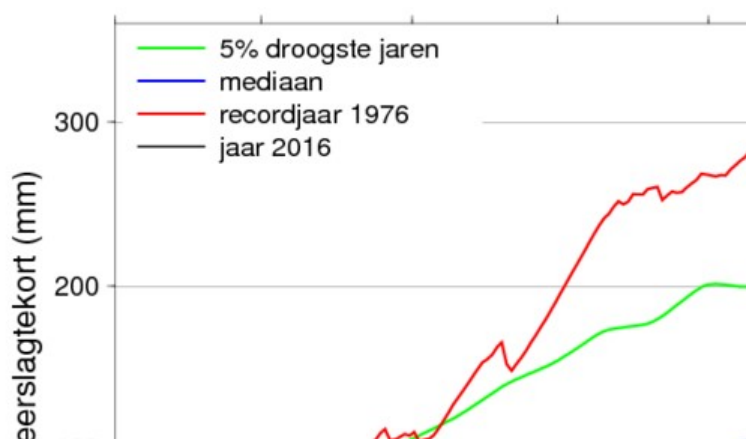
Neerslagtekort in Nederland in 2015

Landelijk gemiddelde over 13 stations



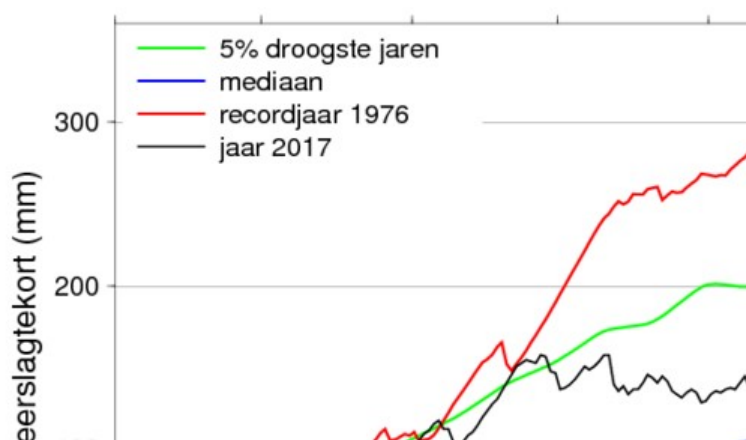
Neerslagtekort in Nederland in 2016

Landelijk gemiddelde over 13 stations



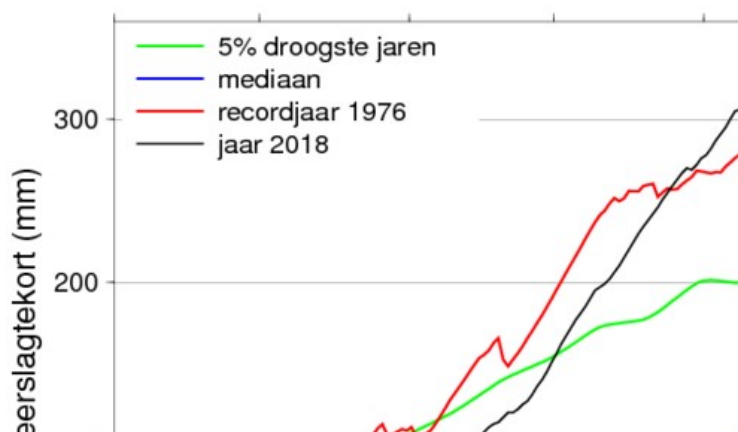
Neerslagtekort in Nederland in 2017

Landelijk gemiddelde over 13 stations



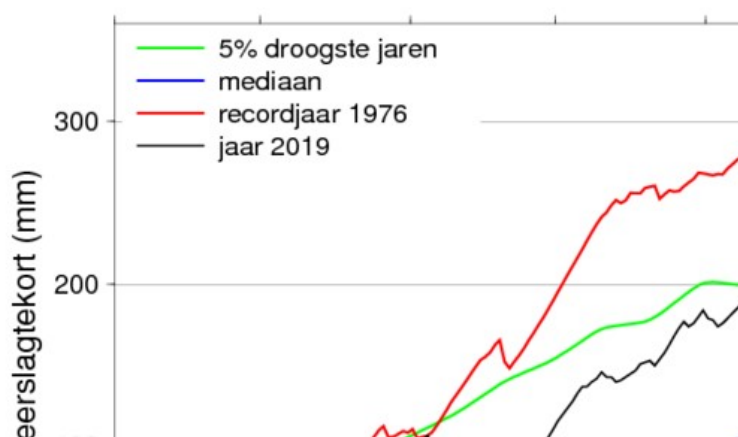
Neerslagtekort in Nederland in 2018

Landelijk gemiddelde over 13 stations



Neerslagtekort in Nederland in 2019

Landelijk gemiddelde over 13 stations



Neerslagtekort in Nederland in 2020

Landelijk gemiddelde over 13 stations

