



Sturende factoren in de ontwikkeling van rietmoeras

In Nederland zijn talloze gebieden waar uitbreiding of ontwikkeling van riet (*Phragmites australis*) zeer gewenst is maar niet op gang komt. Rietontwikkeling is onderdeel van de doestellingen die in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en Natura 2000 zijn gesteld. In dit artikel wordt onderzoek naar sturende factoren voor rietmoerasontwikkeling beschreven.

Park Lingezege (1.700 hectare) is een landschapspark dat wordt ontwikkeld op voormalige landbouwgronden tussen Arnhem en Nijmegen. Het park wordt sinds 2011 aangelegd en maakt deel uit van het Natuurnetwerk Nederland (NNN). In het deelgebied Het Waterrijk worden op voormalige landbouwgrond rietmoerassen en waterbergingsgebieden ingericht. De reden voor waterberging is tweeledig. Enerzijds kunnen in de toekomst watertekorten optreden omdat bij een veranderend klimaat de inlaat van water uit het Pannerdens Kanaal naar de Linge niet meer altijd kan worden gegarandeerd. Anderzijds zijn er in Arnhem woonwijken die soms te kampen hebben met een wateroverschot dat moet worden afgevoerd. De rietmoerassen zullen naast de functies van waterberging en waterzuivering ook een natuurfunctie hebben. Met een beoogd oppervlakte van in totaal zo'n 78 hectare te ontwikkelen rietland, wordt verwacht dat Het Waterrijk uiteindelijk kan uitgroeien tot een moerasgebied van nationaal belang met voldoende ruimte voor grote moerasvogels.

Kenmerken riet

Riet is een meerjarige emergente moerasplant kenmerkend voor stilstaande tot langzaam stromende wateren in zoete en brakke milieus. Het is de grootste grasachtige die van nature in Nederland voorkomt en groeit tot een waterdiepte van circa 1 meter. Riet kan zich snel vegetatief uitbreiden middels vorming van rhizomen en stolonen (onderaardse stengeldelen). De productiviteit kan onder gunstige omstandigheden zeer hoog zijn en 2 kg DW/m²/jaar bedragen. Riet groeit op verschillende

substraten, maar bij voorkeur op slibrijke bodems, en bij verschillende waterkwaliteiten (Hocking *et al.*, 1983). Op zeer voedselarme bodems komt riet door nutriëntenlimitatie slecht tot ontwikkeling, terwijl onder hypereutrofe condities de planten kunnen afsterven waarschijnlijk doordat het sediment reductiever wordt (Klotzli, 1971; Nijburg & Laanbroek, 1997; Coops, 2002). Er zijn talloze voorbeelden waar uitbreiding of ontwikkeling van riet zeer gewenst is maar niet op gang komt. Factoren als eutrofiering, begrazing, een aangepast waterpeil en het uitblijven van oeverbeheer worden vaak als belangrijke factoren genoemd (Coops, 2002). Voor succesvolle ontwikkeling is het van belang rekening te houden met de soortspecifieke kenmerken van de plant.

Veldexperiment en hypothesen

De rietmoerassen in Het Waterrijk zijn vanaf 2013 aangelegd door maaiveldverlaging (circa 80 centimeter kleiverwijdering) op voormalige landbouwgronden en vernatting met water uit de rivier de Linge. Omdat grote oppervlakten aan rietmoeras worden aangelegd was het gewenst te onderzoeken welke omstandigheden het meest gunstig zijn voor rietontwikkeling. In 2013 is in het deelgebiedje De Rietzanger een veldexperiment gestart waarbij effecten van waterpeil, het aanbrengen van verschillende typen vermeerderingsmateriaal en het weren van vraat zijn onderzocht. We verwachten dat rietmoeras het minst snel ontwikkelt vanuit zaden vanwege de specifieke eisen die het waterpeil heeft op kieming en vestiging, alsmede de relatief geringe voedselvoorraad die aanwezig is in het zaad voor de ontwikke-

Dr. C.H.E.T. (Esther) Lucassen

Onderzoekcentrum B-WARE/
Radboud Universiteit Nijmegen,
Toernooiveld 1, 6525 ED
Nijmegen
E.Lucassen@b-ware.eu

Drs. P.J. (Piet-Jan) Westendorp

Onderzoekcentrum B-WARE

E.J.H. (Evi) Bohnen-Verbaarschot MSc.

Onderzoekcentrum B-WARE

M. (Moni) Poelen MSc.

Onderzoekcentrum B-WARE

Prof. Dr. A.J.P. (Alfons) Smolders

Onderzoekcentrum B-WARE/
Radboud Universiteit Nijmegen

Foto Esther Lucassen veldexperiment rietmoerasontwikkeling Park Lingezege.



Figuur 1 indruk van het gebied en experiment in de beginfase (A, B) met geleidelijke overgangen in waterpeil (C) in een situatie met en zonder afrastering/vraat (D) waarbij stekken (D), wortelstokken (E) en zaden (F) zijn aangebracht. Bij een waterpeil hoger dan +7 cm ontwikkelde zich op het afgerasterde proefvlak met ingezaaid riet een lisdoddemoeras (F).

Figure 1 impression of the experimental area at the start (A, B) with gradients in water levels (C) with and without fences (D) and planted with seedlings (D), stolons (E) and seeds (F). At water levels higher than +7 cm a cat's tail marsh developed on the fenced plot with planted seeds (F).

ling van jonge planten op ongestoorde kleibodem (N-arm). Het uitsluiten van vraat zal naar verwachting een positief effect hebben op de vestiging en ontwikkeling van jonge rietplanten.

Materiaal en methoden

In april 2013 is in het centrale deel van De Rietzanger (3 ha) een zestal proefvlakken van 14 m x 5 m uitgezet. De proefvlakken zijn aangelegd op een locatie met een geleidelijke overgang in maaiveldhoogte na afgraven van 60 tot 80 cm klei in het gebied. Op deze hellende oever kon een gewenst verschil in waterpeil gecreëerd worden na inlaat van water uit de Linge. Achtereenvolgens zijn door een commerciële rietplanter stekken (20 tot 32 per

m²) en wortelstokken (9 tot 14 per m²) gepoot (mei 2013) en is zaad aangebracht (juni 2013), zie figuur 1. De gekozen dichtheden zijn gebaseerd op zijn praktijkervaring. De wortelstokken (circa 30-40 cm lang) zijn hierbij op een diepte van 10-15 cm in de bodem aangebracht. De stekken hadden een lengte van 10-15 cm. De helft van de proefvlakken is omheind en overspannen met wit lint om vogels buiten de houden (figuur 1C). In een latere fase is een fijnmaziger net met een geschatte rastergrootte van 2 cm gebruikt waar het riet gewoon doorheen kon groeien. In elk proefvlak zijn drie transecten (n=3) gemarkeerd waar over de gehele lengte om de 50 cm de relatieve maaiveldhoogte met een theodoliet is ingemeten. De waterpeilen zijn maandelijks opgemeten op een vast punt.

Gedurende de eerste zeven maanden zijn oppervlakte-watermonsters genomen. In 2013 (t=0 en t=5 maanden) zijn langs de gemarkeerde transecten (n=3) de hoogte en dikte van alle rietplanten opgemeten en als er sprake was van sterfte is dat genoteerd, zie figuur 2. In 2014 konden in de proefvlakken met stekken en wortelstokken op het oog (groenkleuring en hoogte) duidelijk drie zones onderscheiden worden: een relatief matige ontwikkeling (zone A), een goede ontwikkeling (zone B) en een optimale ontwikkeling (zone C). In september 2014 en september 2015 zijn in elke zone in drie kwadranten van 1 m² de volgende metingen verricht: de vegetatiebedekking (%), de gemiddelde scheutlengte (cm), het gemiddeld aantal stengels en de gemiddelde stengeldiameter van zes representatieve planten (opgemeten halverwege de scheut) en het gemiddeld aantal rietplanten met zaadontwikkeling. In september 2014 is in elk kwadrant een monster van de bodemtoplaag genomen (0-20 cm) om de chemische samenstelling te kunnen bepalen. Hierna is de vegetatie in het kwadrant uitgestoken tot een diepte van 40 cm. In het lab zijn wortels, wortelstok-

ken en stengels gescheiden. Na 48 uur drogen bij 60 °C is de droge biomassa (van boven- en ondergrondse plantendelen) bepaald.

Vanwege de grootte van de proefplots en het beperkte budget zijn er geen replica's aangelegd. Wel hebben we binnen elk proefvlak drie stroken (n=3) doorgemeten en is uitvoerig aanvullend bodemonderzoek uitgevoerd.

Resultaten

Waterpeil en waterkwaliteit

Het waterpeil was in het eerste jaar na aanleg van het rietmoeras stabiel in de tijd en varieerde, afhankelijk van de ligging in de hoogtegradiënt, van circa -10 tot +30 cm t.o.v. maaiveld. In de opeenvolgende maanden was er slechts 5 cm variatie in waterpeil in de tijd. Enkel gedurende de vestigingsperiode van de stekken en wortelstokken (van mei tot juni) was het waterpeil tijdelijk circa 15 cm lager (figuur 3). Het oppervlaktewater was gebufferd en werd gekenmerkt door lage fosfor- en stikstofconcentraties (tabel 1).

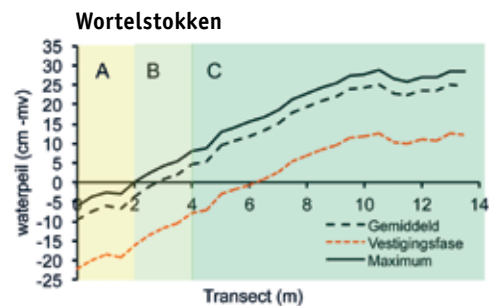
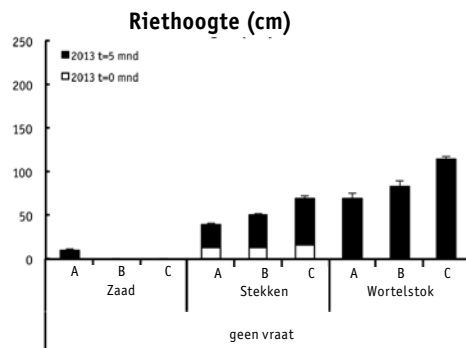
Effect donormateriaal op bedekking

In de proefvlakken met wortelstokken was de bedekking na twee groeiseizoenen (september 2014) in de zones B en C duidelijk hoger (30% en 100%) dan in de proefvlakken met stekken (8% en 72%), zie figuur 4A. Het aanbrengen van zaden was maar weinig succesvol. Riet uit zaad ontwikkelde zich slechts over een breedte van 1 meter met een bedekking van 18% (figuur 4A). In de proefvlakken waar zaden waren aangebracht, ontwikkelde zich bij een waterpeil hoger dan 7 cm massaal grote lisdodde (*Typha latifolia*), zie figuur 1F.

Na het derde groeiseizoen (september 2015) was de rietbedekking alleen toegenomen in de proefvlakken met wortelstokken en stekken (figuur 4A). De verschillen in

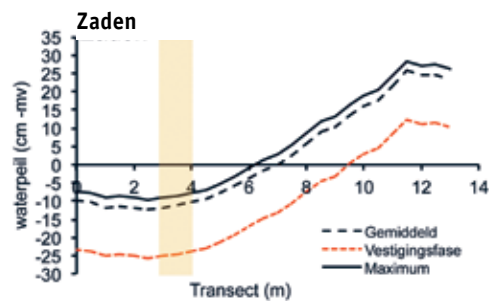
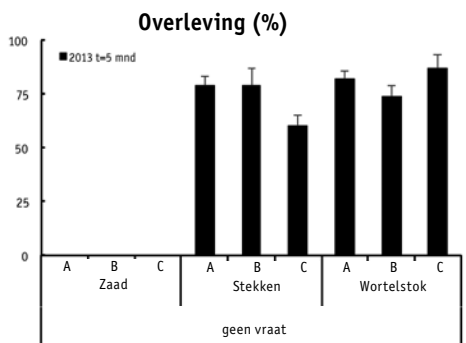
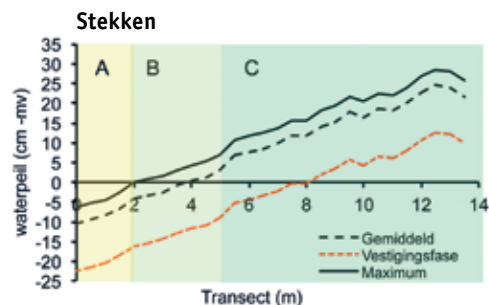
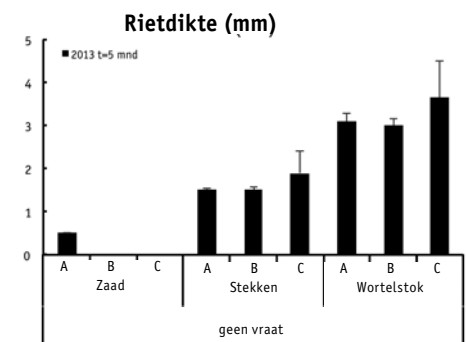
Figuur 2 kenmerken van het riet in de vestigingsfase (eerste groeiseizoen) in de verschillende groeizones: A=beperkte groei; B=goede ontwikkeling; C=optimale ontwikkeling.

Figure 2 characteristics of reed in the settling phase (first growing season) at different growth zones: A=limited growth; B=good development; C=optimum development.



Figuur 3 groei van het riet bij verschillende plantmethoden en verschillende waterpeilen. Voor A, B en C, zie figuur 2. De rode lijn geeft de waterstand weer van de vestigingsfase (1e maand na aanbrengen wortelstokken, stekken en zaden).

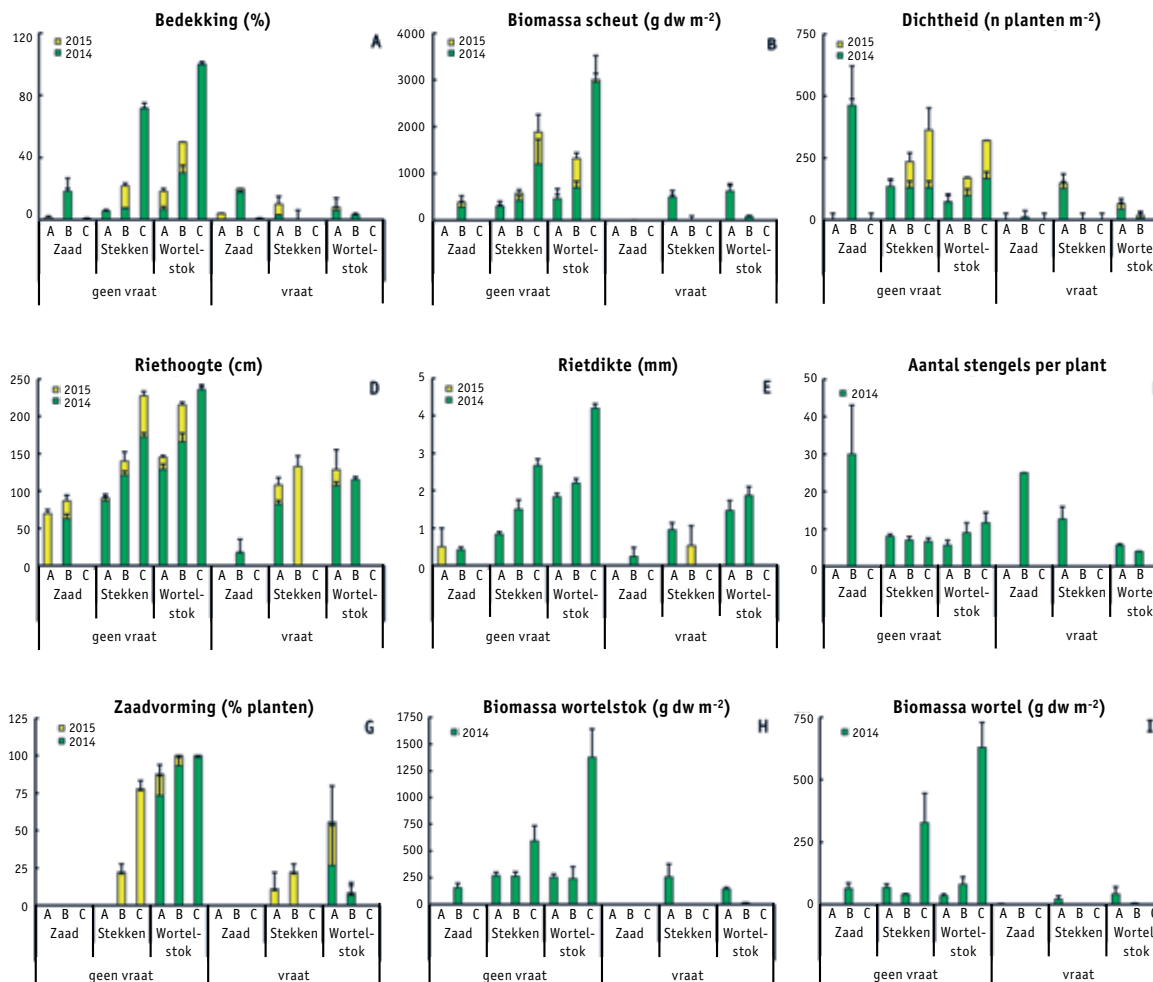
Figure 3 growth of the reed per planting method at different water levels. For A, B and C see figure 2. The red line indicates the water level at the settling phase (first month after the planting of stolons, seedlings and seeds).



pH	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Ca	P	S	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	K	O ₂
8,3	47	2404	1311	0,4	454	2,8	11,8	62,6	16,3
(0,2)	(18)	(473)	(134)	(0,09)	(42)	(0,3)	(6,9)	(11,9)	(1,3)

Tabel 1 gemiddelde waterkwaliteit in het rietmoeras in 2013 (n=7), in µmol/L en mg/L (alleen zuurstof). Tussen haakjes: standaarddeviatie.

Table 1 average water quality in the reed marshes in 2013 (n=7), in µmol/L and mg/L (oxygen only). Between brackets: standard deviation.



Figuur 4 effecten van het waterpeil, type donormateriaal en vraat op de rietontwikkeling in het tweede en derde groei-seizoen (gemiddelde waarden ± standaardfout (n=3)). Voor A, B en C zie figuur 2.

Figure 4 effects of water level, type of donor material and grazing on reed growth in the second and third growing season (mean values ± standard error of the mean (n=3)). For A, B and C see figure 2.

bedekking tussen deze proefvlakken, zoals aanwezig na het tweede groeiseizoen, bleven echter bestaan. Bij de wortelstokken nam de bedekking in de A-zone toe van 7% tot 18% en in de B-zone van 30% tot 50% (C-zone bleef 100%). In het vlak met stekken nam de bedekking enkel toe in de B-zone (van 8% tot 22%) en opvallend genoeg niet in de A- en C-zone (figuur 4A). Ook de grote lisdodde had zich in het proefvlak met zaden uitgebreid.

Effect van begrazing

Na twee groeiseizoenen (september 2014) waren er duidelijke verschillen zichtbaar tussen proefvlakken met en zonder begrazing. De rietbedekking met begrazing was 0% in zones B en C van de proefvlakken met stekken en wortelstokken. Alleen onder de meest droge condities, in zone A, had begrazing geen effect op de bedekking (figuur 4A). In het derde groeiseizoen namen de bedekkingen in de zones B en C beperkt toe door vegetatieve uitbreiding van riet vanuit de aangrenzende niet-begraasde proefvlakken (resultaten niet gegeven). Overigens leidde begrazing er ook toe dat grote lisdodde niet tot ontwikkeling kwam in de niet-uitgerasterde proefvlakken waar zaden waren aangebracht.

Effect donormateriaal op rietkenmerken

Naast verschillen in bedekking waren er ook verschillen in de kenmerken van de rietplanten. Na twee groeiseizoenen (september 2014) was de bovengrondse biomassa het hoogst in het uitgerasterde proefvlak waar wortelstokken waren aangebracht en bij een hoog waterpeil (figuur 4B). Zo nam de biomassa toe van 0,5 tot 3 kg DW/m²/jaar bij een toename in gemiddelde waterpeil van 0 (zone B) tot +17 cm (zone C). Bij de stekken was de maximale bovengrondse biomassa circa 1 kg DW/m² bij een waterpeil van +15 cm (zone C). De verschillen in bovengrondse biomassa kwamen overeen met verschillen

in riethoogte (figuur 4D), rietdikte (figuur 4E) en niet met verschillen in het aantal planten per m² (figuur 4C). Rietplanten aangebracht als wortelstok produceerden meer stengels per plant (maximaal 10) bij een hoger waterpeil (figuur 4F). Ook waren dit de enige rietplanten die in dit groeiseizoen zaadpluimen hebben gevormd. Het aandeel planten met zaadpluimen nam toe met toenemende waterdiepte en varieerde van 75% (zone A) tot 100% (zone C), zie figuur 4G. De (ondergrondse) biomassa van wortelstokken en wortels nam toe met een toenemend waterpeil en was vooral bij een hoog waterpeil (hoger dan +5cm) duidelijk hoger voor planten gepoot als wortelstok dan voor planten gepoot als stek (figuur 4H en 4I).

Na drie groeiseizoenen was de scheutbiomassa in het proefvlak met wortelstokken in zone B verder toegenomen van 0,6 naar 1,3 kg DW/m² en in het vlak met stekken (zone C) van 1,2 naar 1,8 kg DW/m² (figuur 4B). Het aantal rietplanten met zaadpluimen, gepoot als wortelstok, nam in zone A en B verder toe van 77% tot 88% en van 93% tot 100% respectievelijk. Ook het riet uit stek had zaadpluimen gevormd; in zone B en C nam het percentage toe van 0-22 respectievelijk 0-78 (figuur 4G). De rietplanten die zich ontwikkeld hadden uit zaad hadden nog geen zaadpluimen ontwikkeld.

Sturende factoren en discussie

Uit de vergelijking van de drie plantmethoden in ons experiment blijkt dat wortelstokken op een permanent geïnundeerde bodem (waterpeil van minimaal 5 cm boven maaiveld) en beschermd tegen begrazing de snelste rietgroei realiseren. Beplanting met stekken werkt ook goed bij dit waterpeil, maar het rietmoeras ontwikkelt zich dan trager. Uit zaden ontwikkelt zich geen riet op de geïnundeerde delen van onze proeflocatie maar een lisdoddemoeras.

		% Org. stof	mmol/L Olsen-P	mmol/kg Tot-P	µmol/kg NO ₃ -z	µmol/kg NH ₄ -z	µmol/L Fe-bv	mmol/kg Tot-Fe
Wortelstok	A	3,2 (0,3)	1,55 (0,09)	13,5 (0,7)	26,7 (14,3)	23,9 (1,8)	1,3 (1,2)	304 (46)
	B	2,5 (0,2)	0,76 (0,08)	10,7 (0,5)	7,6 (1,2)	20,6 (0,4)	0,1 (0,0)	202 (25)
	C	2,5 (0,3)	0,29 (0,11)	10,3 (0,3)	5,8 (0,1)	19,7 (0,7)	0,4 (0,1)	165 (12)
Stek	A	4,5 (0,1)	2,36 (0,64)	17,4 (0,8)	29,7 (5,3)	19,9 (1,4)	0,2 (0,0)	415 (10)
	B	2,6 (0,2)	2,43 (0,64)	14,7 (2,0)	9,6 (3,1)	18,6 (1,4)	0,2 (0,0)	274 (53)
	C	2,7 (0,3)	1,57 (0,84)	13,1 (2,1)	12,4 (4,2)	20,4 (1,8)	19 (9,5)	240 (49)
Zaad	A	3,0 (0,2)	2,76 (0,83)	14,8 (1,5)	12,0 (0,1)	24,1 (2,0)	0,2 (0,0)	258 (32)
	B	3,5 (0,5)	3,49 (0,31)	20,2 (1,3)	44,0 (14,2)	27,3 (1,9)	1,0 (0,5)	563 (20)
	C	3,0 (0,2)	0,65 (0,13)	10,5 (0,7)	7,0 (0,6)	31,7 (1,5)	29 (23,7)	197 (19)

Tabel 2 bodemchemie in de verschillende zones van de uitgerasterde proefvlakken (gemiddelden en standaarddeviatie); z=NaCl-extractie; bv=porevocht; Tot= totale gehalte.

Table 2 soil chemical characteristics in different zones of plots protected against grazing (means and standard deviation); z=NaCl extraction; bv=pore fluid; Tot=total content.

Ganzenvraat

De oppervlakte rietmoeras in Europa is sterk afgenomen gedurende de 20e eeuw (Van der Putten, 1997). Deze achteruitgang is in verband gebracht met toegenomen begrazing door de grauwe gans (*Anser anser*) en muskusrat (*Ondatra zibethicus*), zie Bakker (2010) en Vermaat et al. (2016). In ons experiment vond nagenoeg geen ontwikkeling van rietmoeras plaats buiten de ingerasterde proefvlakken. De externe factor begrazing staat de ontwikkeling van rietmoeras dus het sterkst in de weg. In 2014 is ook in andere delen van De Rietzanger de complete aanplant vernietigd door ganzen. Vroeger was er voornamelijk sprake van wintervraat, maar door een sterke toename van het aantal broedparen is de zomervraat van vooral de wortels van gele lis, lisdodde en riet nu ook fors. Wat opvalt is dat rietplanten in de meest droge zone (zone A), bij een waterpeil lager dan 5-10 cm beneden maaiveld, niet verdwenen zijn. In de drogere delen zijn de rietplanten sterker verankerd in de bodem en moeilijker los te wrikken door de ganzen.

Type donormateriaal

Ook het type donormateriaal blijkt een grote invloed te hebben op de ontwikkeling van rietmoeras. Inzaaien van riet werkt slecht. Er ontwikkelde zich weliswaar een zone met een zeer hoge dichtheid aan rietplanten, maar deze zone was slechts één meter breed. Bekend is dat de ontwikkeling van kiemplanten vanuit rietzaden slechts plaatsvindt op droogvallende waterverzadigde bodems of op bodems met een zeer ondiepe (enkele millimeters) waterlaag. Bovendien is het kiemingspercentage onder optimale condities met een waarde van 20 relatief laag (Coops & Van der Velden, 1995; Coops, 2002). Daarnaast zijn kiemplanten vanwege hun lage wortelbiomassa gevoelig voor te droge omstandigheden (McKee & Richards, 1996). Door deze factoren heeft het riet zich in onze proef slechts over een oppervlakte van minder dan 1% kunnen ontwikkelen. Gevestigde rietplanten uit zaad ontwikkelden zich de eerste jaren na kieming traag. Na drie groeiseizoenen waren ze nog steeds klein en gelig, hadden ze nog geen zaadpluimen gevormd en zich ook niet vegetatief vermeerderd. De kiemplanten zijn tijdens

de ontwikkelingsfase sterk afhankelijk geweest van de energievoorraad in het zaad en de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem. De concurrentie om die nutriënten is door de hoge dichtheid aan planten hoog geweest. Andere planten, zoals grote lisdodde, kunnen wel goed kiemen in diep water (meer dan 7 cm) en zijn in plaats van het riet het proefvlak gaan domineren. Het riet dat zich heeft ontwikkeld uit wortelstokken en stekken kon zich bij alle waterpeilen vestigen (van -10 tot + 25 cm) en zich sneller en met een hogere biomassa-productie uitbreiden dan riet uit zaad. Stekken en wortelstokken hebben al wortels waarmee de planten direct nutriënten en water kunnen opnemen. Ze zijn daardoor minder gevoelig voor verdroging. Bovendien dragen ze al een flinke energievoorraad bij zich (Dinka & Szeglet, 1999). Dit verklaart waarom de rietplanten, die als wortelstok gepoot waren, zich het beste ontwikkelden.

Waterpeil

In dit experiment vormde het riet, gepoot als wortelstok en stek, de meeste onder- en bovengrondse biomassa bij een permanent hoog waterpeil van minimaal 5 cm (zone C). Hieruit kan geconcludeerd worden dat er geen sterk gereduceerde condities zijn opgetreden in de kleibodem. Doordat deze arm is aan organische stof (2,5-3,5%) zal de microbiële zuurstofconsumptie laag zijn geweest (tabel 1).

De hogere biomassaontwikkeling van het riet bij een hoger waterpeil lijkt niet het gevolg van een hogere nutriëntenbeschikbaarheid bij dat peil. Tabel 2 laat zien dat de concentratie zoutextraheerbaar-ammonium in het algemeen laag is en ook niet verschilt tussen de verschillende zones. De concentraties totaal-P en Olsen-P zijn in de natste delen (zone C) juist iets lager. De hogere productie van ondergrondse biomassa bij een hoger waterpeil valt waarschijnlijk te verklaren uit het feit dat deze

bij drogere condities van de kleibodem geremd wordt door verdroging en verdichting. Waarschijnlijk worden nutriënten ook gemakkelijker door de planten opgenomen onder nattere condities.

Toepasbaarheid

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op rietontwikkeling op een kleibodem met een matige stikstofbeschikbaarheid en zijn waarschijnlijk niet te extrapoleren naar andere bodemtypen met een hogere nutriëntenbeschikbaarheid. Op rijke bodems met een hoger organisch stofgehalte kunnen bij hogere waterpeilen erg reductieve bodemomstandigheden optreden. Deze kunnen een negatief effect hebben op de kieming en ontwikkeling van riet (Armstrong & Armstrong, 2001; Armstrong *et al.*, 2006). En mogelijk bieden organische bodems (nog) minder weerstand aan het lostrekken van scheuten en uitgraven van stekken en wortelstokken door ganzen.

Op basis van de resultaten van ons onderzoek heeft de aannemer in Park Lingezegeen gekozen voor het planten van wortelstokken bij een hoog waterpeil. De aanplant wordt in ieder geval gedurende de eerste drie jaren zoveel mogelijk beschermd door linten en gaas tegen vraat. In 2015 zijn de eerste 10 hectare rietmoeras aangelegd waarbij 70 procent van de oppervlakte is uitgerasterd. Twee derde daarvan is ingeplant met wortelstokken. Na twee jaar was vrijwel het gehele uitgerasterde oppervlak begroeid. Een verdere toename van 70 naar 100 procent bedekking zal moeten plaatsvinden door de natuurlijke uitbreiding via wortelstokken (mondelinge mededeling Joop Eilander, projectleider). Tot op heden (najaar 2017) hebben zich geen problemen voorgedaan met de rietontwikkeling in Park Lingezegeen.

Summary

Guiding factors in the development of reed marshes

Esther Lucassen, Piet-Jan Westendorp, Evi Bohnen-Verbaarschot, Moni Poelen & Alfons Smolders

reed development, water table, donor material, grazing

A field experiment was carried out in Park Lingezegeen (the Netherlands) to test the (interactive) effects of grazing, the type of donor material applied (seeds, seedlings, stolons) and the water table (-10 cm to +30 cm) on the success in developing reed marshes on bare clay ground. The results show that grazing by geese (occurring above a water table of -5cm) was the most important factor hampering development of reed marsh, independent on the type of donor material applied. Application of seeds seemed to be a very unsuccessful method as

germination and early development of seedlings only took place at a water table in between -7 and -10 cm. In addition, plants developing from seeds hardly grew and did not expand or produce seeds at least during the first three growing seasons. In the deeper parts, where *Typha latifolia* could germinate (water table > 7cm), this led to the unwanted development of a *Typha* marsh. Reed marsh could develop over the full hydrological gradient following application of seedlings and stolons. In both cases this was most successful above a water table of +5cm. Plants developing from stolons produced more below and above ground biomass, expanded faster and developed seeds quicker as compared to plants developing from seedlings. Thus, reed marsh development on bare clay grounds will be most successful following application of stolons above a water table of +5cm in a situation without grazing possibilities.

Literatuur

Armstrong J. & W. Armstrong, 2001. An overview of the effects of phytotoxins on *Phragmites australis* in relation to die-back. *Aquatic Botany*, 69, 251–268.

Armstrong J., R.E. Jones & W. Armstrong, 2006. Rhizome phyllosphere oxygenation in *Phragmites* and other species in relation to redox potential, convective gas flow, submergence and aeration pathways. *New Phytologist* 172: 719-731.

Bakker, L., 2010. Effect van zomerbegrazing door Grauwe ganzen op de uitbreiding van waterriet. *De Levende Natuur*, 111: 57–59.

Coops, H. & G. van der Velden, 1995. Seed dispersal, germination, and seedling growth of six helophyte species in relation to water-level zonation, *Freshwater Biology* 34: 13-20.

Coops, H., 2002. Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA rapport 2002.040. ISBN 9036954681.

Dinka, M. & P. Szeglet, 1999. Carbohydrate and nutrient content in rhizomes of *Phragmites australis* from different habitats of Lake Fertő/Neusiedlersee. *Limnologia* 29: 47-59.

Hocking, P.J., M.C. Finlayson & A.J. Chick, 1983. The biology of Australian weeds. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 49(3): 123-132.

Klotzli, F., 1971. Biogenous influence on aquatic macrophytes, especially *Phragmites communis*. *Hydrobiologia Rumania*, 12:107-111.

McKee, J. & A.J. Richards, 1996. Variation in seed production and germinability in common reed (*Phragmites australis*) in Britain and France with respect to climate. *New Phytologist* 133 (2): 233-243.

Nijburg, J.W. & H.J. Laanbroek, 1997. The fate of 15N-nitrate in healthy and declining *Phragmites australis* stands. *Microbial Ecology* 34(3): 254-262.

Putten, W.H. van der, 1997. Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of the European Research Programme on Reed Die-back and Progression (1993-1994).

Vermaat, J.E., B. Bos & P. van der Burg, 2016. Why do reed beds decline and fail to re-establish? *Freshwater Biology* 61: 1580-1589.