

# Kansen voor krabbenscheer in voedselrijke sloten van het veenweidegebied

Het veenweidelandschap wordt gekenmerkt door veel sloten met vaak een (zeer) voedselrijke bodem en waterlaag. Veel van deze wateren worden gedomineerd door een beperkt aantal soorten. Vaak gaat het om algemene soorten als smalle waterpest, aarvederkruid, drijvende (kroos)soorten of (draad)algen. Recent onderzoek in het veenweidegebied laat echter zien dat er onder zeer eutrofe omstandigheden ook kansen liggen voor de ontwikkeling van ecologisch meer waardevolle krabbenscheervegetaties. In dit artikel leggen we uit hoe dit mogelijk is.

Fons Smolders, Esther Lucassen, SarahFaye Harpenslager, Frank van Schaijk, Leon Lamers & Jan Roelofs

## Krabbenscheer

Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) is een tweehuizige waterplant die ooit een wijde verbreiding had in het Nederlandse laagveengebied. De plant heeft een zeer korte steel met een bladrozet met 15-50 cm lange, lijnvormige, stekelig getande bladeren. Uit de steel worden adventieve wortels gevormd, die tot meer dan 150 cm lang kunnen worden en waarvan de uiteinden wortelen in de onderwaterbodem. De soort kent een unieke levenscyclus (fig. 1): in de winter verblijven de planten op de bodem van de ondiepe sloten of plassen waarin zij groeien. In het voorjaar, wanneer de fotosynthese weer op gang komt, vormen de planten nieuwe bladeren. De luchtholtes in deze bladeren raken dan gevuld met zuurstof waardoor het drijfvermogen van de planten toeneemt en deze naar de oppervlakte komen. In het najaar neemt de fotosynthese af, en de oudere bladeren die afsterven, vullen zich met water. Het drijfvermogen van de plant neemt hierdoor af en deze zinkt naar de bodem.

Alleen drijvende planten, met boven het water uitstekende bladeren, kunnen bloeien. De bloemen worden omvat door twee schutbladen, de bloemschede, die lijkt op de schaar van een krab. Hoewel er in Nederland gemengde populaties

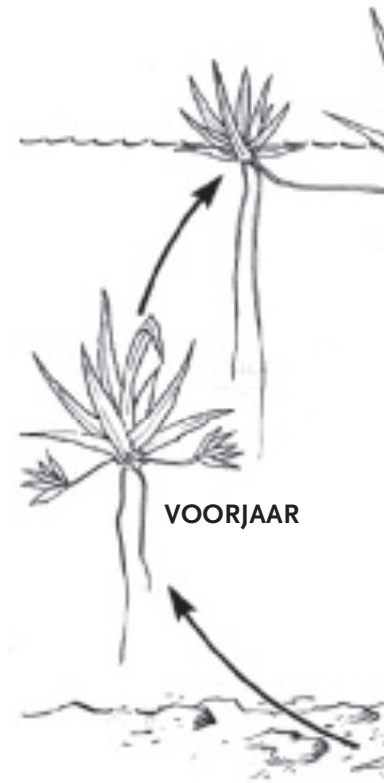
voorkomen waarin vrucht- en zaadvorming optreedt (Smolders et al., 1993), worden op veel groeiplaatsen uitsluitend mannelijke of vrouwelijke planten gevonden. Krabbenscheer kan zich dan ook zeer goed ongeslachtelijk (klonaal) voortplanten met behulp van uitlopers en winterknoppen, waardoor, wanneer de omstandigheden geschikt zijn, in korte tijd grote wateroppervlakten compleet kunnen dichtgroeien.

Een dichte krabbenscheervegetatie produceert veel organisch materiaal. Aangezien dit materiaal onder water niet volledig afgebroken wordt, vormt zich onder de planten een weke sliblaag, het zogenaamde sapropelium, waardoor het water steeds ondieper wordt. Hierdoor speelt krabbenscheer een belangrijke rol in de verlanding van oppervlaktewateren. Wanneer het water erg ondiep wordt (< 30 cm diep) kunnen zich in de vegetaties planten, zoals waterscheerling en watermunt, vestigen, waardoor er drijftilletjes kunnen ontstaan (de Jong, 2000). Meestal groeien de ondiepe verlande krabbenscheerwateren echter vanuit de oever dicht met riet of zeggen en verdwijnt krabbenscheer vervolgens.

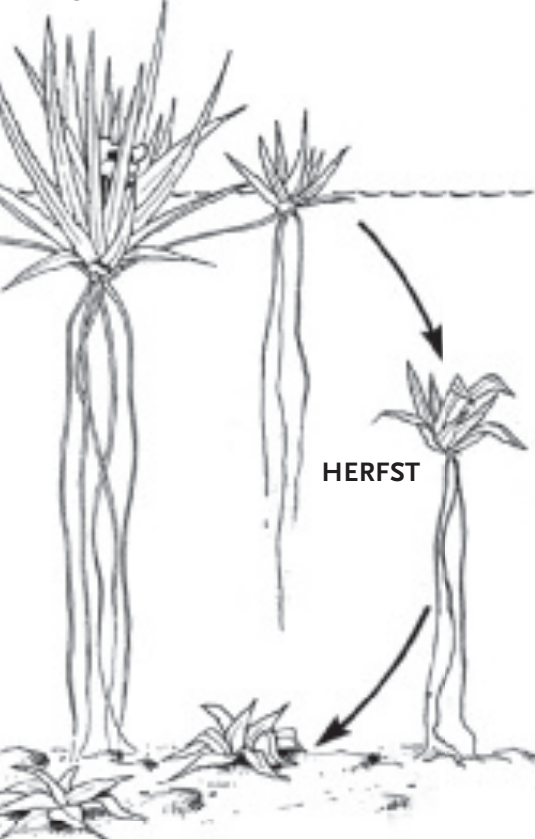
Vroeger waren krabbenscheervegetaties belangrijk als broedplaats voor de bedreigde zwarte stern. Ondertussen

maakt de zwarte stern vooral gebruik van kunstmatige nestplaatsen (vlotjes). Krabbenscheervegetaties zijn ook belangrijk, doordat goed ontwikkelde vegetaties met een gradiënt van open water naar verlanding, rijk zijn aan (macro)fauna (Higler, 1977; de Jong, 2000), zoals larven van dansmuggen (Chironomidae), bloedzuigers en platwormen. Soorten zoals de grote gerande oeverspin (*Dolomedes plantarius*), de krabbenscheermot (*Paraponyx stratiotata*), het lantaarntje (*Ischnura elegans*), de bruine glazenmaker (*Aeshna grandis*) en de vroege glazenmaker (*Aeshna isocetes*) komen relatief veel voor bij krabbenscheervegetaties (de Jong, 2000). Een drietal soorten, *Bagous binodulus* (een snuittor), *Hydrellia stratiotae* (een oevervlieg) en de zeldzame groene glazenmaker (*Aeshna viridis*), komen zelfs uitsluitend voor in krabbenscheervegetaties.

Hoewel hij algemeen voorkomt, staat krabbenscheer op de Nederlandse Rode Lijst als een gevoelige soort die sinds 1950 sterk is achteruitgegaan. Omdat krabbenscheervegetaties in belangrijke mate bijdragen aan de biodiversiteit van het laagveengebied, wordt het behoud en herstel van krabbenscheervegetaties door veel natuur- en waterbeheerders nagestreefd.



## ZOMER



## WINTER

### De achteruitgang van krabbenscheer

Hoewel krabbenscheer goed gedijt in relatief voedselrijke wateren, kan zijn achteruitgang deels worden toegeschreven aan een te sterke eutrofiëring van het oppervlaktewater (Smolders et al., 1996). Smolders et al. (2003) lieten zien dat de historische achteruitgang van krabbenscheer in de Nederlandse laagveengebieden bovendien vaak gepaard ging met een sterke toename van de sulfaatbelasting van deze systemen. Een verhoogde sulfaatbelasting zorgt voor een verhoogde beschikbaarheid van nutriënten (fosfor en ammonium) door zowel de versnelde afbraak van organisch materiaal in de onderwaterbodem als de reactie van het hierbij vrijkomende sulfide met ijzercomplexen in de bodem. Ook kan de ophoping van ammonium in de waterlaag en sulfide in de bodem leiden tot vergiftiging van de planten (Roelofs, 1991; Smolders et al., 2003). De verminderde vitaliteit van de wortels en de verlaagde beschikbaarheid van ijzer vanwege de vastlegging van ijzer als ijzersulfide, kunnen leiden tot ijzergedbrek. De planten kleuren hierdoor geel. Krabbenscheer is echter ook niet gebaat bij zeer hoge ijzerconcentraties. De wortels van krabbenscheer lekken maar weinig zuurstof (Smolders et al., 1996), waardoor in de bodem opgelost ijzer door kan

Fig. 1. Levenscyclus van krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) (uit: Bloemendaal & Roelofs, 1988).

dringen in de wortels van de planten. Hier wordt het ijzer geoxideerd waarna het als 'roest' neerslaat in de wortels (foto 1) die hierdoor uiteindelijk afsterven (Smolders et al., 1996). Krabbenscheer komt dan ook bij voorkeur voor op bodems met 10-500  $\mu\text{mol L}^{-1}$  ijzer in het poriewater. Zeer ijzerrijke systemen worden dus vermeden. Ook de beschikbaarheid van kooldioxide is belangrijk. Voor krabbenscheer is een voldoende hoge kooldioxideconcentratie in de waterlaag met name belangrijk in het voorjaar, als de plant nog onder water ligt. Wanneer de planten eenmaal drijven kunnen ze kooldioxide uit de atmosfeer opnemen, waardoor ze voor de koolstofvoorziening niet meer afhankelijk zijn van de waterlaag. Daarnaast kan krabbenscheer ook bicarbonaat uit de waterlaag gebruiken als koolstofbron, maar dit proces verloopt minder efficiënt. In de plant wordt bicarbonaat gesplitst in kooldioxide, dat wordt gebruikt voor de fotosynthese, en hydroxide ( $\text{OH}^-$ ). Het  $\text{OH}^-$  wordt aan de bovenkant van het blad afgegeven, waardoor hier lokaal de pH verhoogd wordt. Deze verhoging van de pH leidt in harde wateren tot een oververzadiging van calciumcarbonaat (kalk), dat vervolgens als een witte aanslag neerslaat op het blad van de planten (foto 1). Omdat bicarbonaatgebruik relatief veel energie kost, komt krabbenscheer in harde bicarbonaatrijke wateren met een hoge pH en weinig

kooldioxide in het voorjaar veel minder snel opdrijven (Harpenslager et al., 2015). Ook is de biomassa-toename van de vegetatie aan het begin van het seizoen veel lager. Harpenslager et al. (2015) laten in een experiment zien dat voor een goede ontwikkeling van krabbenscheer in de ondergedoken fase de kooldioxideconcentratie van de waterlaag in ieder geval hoger moet zijn dan 200  $\mu\text{mol L}^{-1}$ .

### Onderzoek in het veenweidegebied

Sinds 2000 gaat het in Nederland, met name in natuurgebieden, weer wat beter met krabbenscheer. Dit heeft onder andere te maken met de betere waterkwaliteit in Rijn en IJssel en het minder direct inlaten van dit water in natuurgebieden. Daarnaast is er sprake van een gedeeltelijke ontkoppeling van natuurgebieden van het landbouwwater en worden nu vaak grotere peilschommelingen toegestaan waardoor minder 'vuil' water hoeft te worden ingelaten.

Veel sloten in West-Nederland zijn echter nog steeds zwavelrijk, met relatief lage ijzerconcentraties en relatief hoge ammonium- en fosforconcentraties in het oppervlakte- en poriewater. Veelal zijn de bronnen van sulfaat en nutriënten hier intern, als gevolg van de afbraak van veen (Smolders et al., 2013a, 2013b; Vermaat et al., 2016). Daarnaast is het water vaak hard met een hoge pH, waardoor de beschikbaarheid van

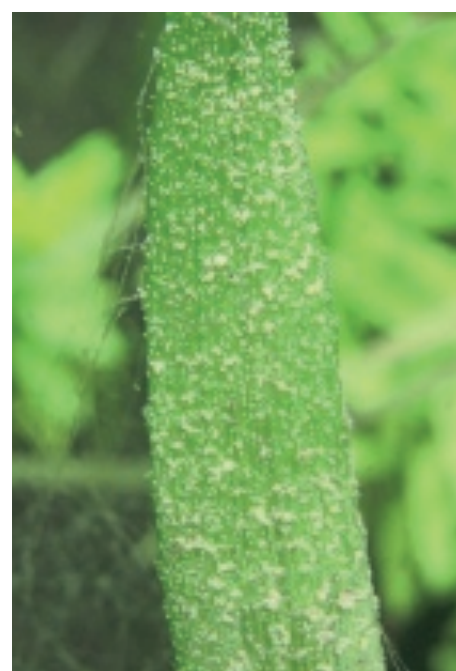
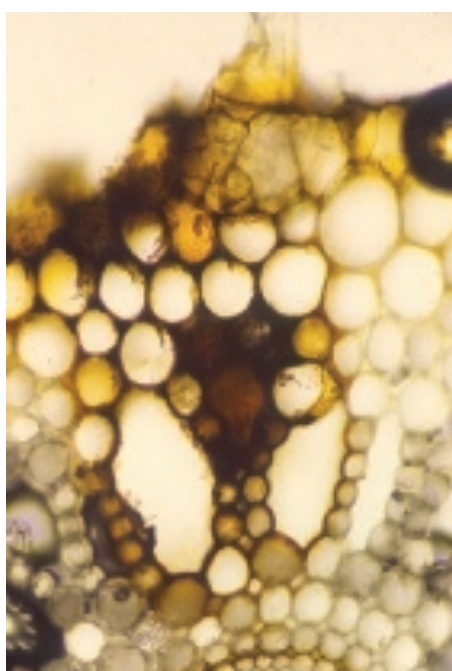


Foto 1. Links: IJzerprecipitatie in een krabbenscheerwortel (foto: Fons Smolders); Rechts: Kalkneerslag op een krabbenscheerblad (foto: SarahFaye Harpenslager).



**Foto 2.** Alternatieve toestanden voor krabbenscheer in veenweide sloten (nabij Reeuwijk). Boven: sloot dichtgegroeid met wortelende waterplanten (in dit geval smalle waterpest) en drijvende draadalgen met slechts enkele krabbenscheerplanten.



Onder: goed ontwikkeld krabbenscheerveld (foto's: Esther Lucassen).

koolstofdioxide laag is. Er zijn dus voldoende stressfactoren aanwezig die de ontwikkeling van een krabbenscheervegetatie kunnen belemmeren. Opvallend is echter dat, hoewel de concurrentiepositie van krabbenscheer in de sloten over het algemeen ongunstig lijkt, er lokaal toch relatief grote velden voorkomen waar krabbenscheer zich prima handhaaft (foto 2). In 2015 hebben we in de omgeving van Reeuwijk op een aantal locaties vegetatieopnames gemaakt, waarbij tevens water- en bodemanalyses zijn uitgevoerd. Het doel van dit onderzoek was om te kijken of de abiotische omstandigheden geschikt zijn voor de vestiging van krabbenscheervegetaties. Op een aantal van deze locaties was een jaar eerder krabbenscheer geïntroduceerd. Bovendien werden referentielocaties bemonsterd, waar krabbenscheer een hoge bedekking had over een groot oppervlak.

Op de meeste locaties werden hoge fosfaatconcentraties gemeten in het poriewater van de onderwaterbodem. Deze locaties werden gedomineerd door snelgroeiende ondergedoken waterplanten, zoals smalle waterpest, aarvederkruid en gedoorn dhoornblad, of door bodembedekkende draadalgen. Vaak was er sprake van co-dominantie van drijvende algen en waterplanten (vooral flab, *Spirodela polyrhiza* en *Lemna*) (foto 3). De in het voorgaande jaar geïntroduceerde krabbenscheerplanten waren in aantal afgenomen of hadden zich gehandhaafd zonder zich verder noemenswaardig uit te breiden. Opvallend was echter dat voor de 'referentielocaties' met een hoge bedekking van krabbenscheer de fosfaatconcentraties in het poriewater veel lager waren dan voor de locaties waar deze niet of in een lagere bedekking aanwezig was (fig. 2).

De voedselrijkdom van de onderwaterbodem van veenweidesloten wordt in belangrijke mate bepaald door de erosie van bodemdeeltjes uit de veraarde toplaag van de omringende weilanden (Poelen & Smolders, 2015). Omdat de weilanden rijk zijn aan nutriënten, zijn ook de onderwaterbodems rijk aan nutriënten. Op bodems die rijker zijn aan fosfaat komt het vaak tot een dominantie van snelgroeiende, ondergedoken waterplanten. Dit zijn in het veenweidegebied soorten die vooral bicarbonaat gebruiken bij de fotosynthese. Deze soorten zijn op voedselrijke bodems in het voorjaar veel concurrentiekrachtiger, met name in hard oppervlaktewater, dat relatief weinig koolstofdioxide bevat. Bovendien verhogen bicarbonaatgebruikende waterplanten de pH van het water en verlagen daarmee verder de beschikbaarheid van koolstofdioxide. In een dichte waterplantenvegetatie is het voor krabbenscheer dus een stuk moeilijker om zich te vestigen en te handhaven (fig. 2).

#### Krabbenscheer als biobouwer

Bij nader onderzoek viel op dat in de 'referentiesloten' het organisch-stofgehalte van de bodem hoger is en de bodemdichtheid lager dan voor de overige locaties. Deze afwijkende bodemeigenschappen worden veroorzaakt door de uitbundige groei van krabbenscheer en de vorming van sapropelium, een laag van onvolledig afgebroken, dode plantenresten. Dit sapropelium bedekt de bodem en vormt als het ware een nieuw substraat waarin de planten wortelen. Deze laag is niet alleen minder dicht maar bevat in de meeste veenweidegebieden per liter bodem (veel) minder nutriënten dan de oorspronkelijke bodemlaag. Hierdoor wordt de concurrentie met snelgroeiende wortelende waterplanten die, net als krabbenscheer de nutriënten (en dan met name fosfor) vooral uit de onderwaterbodem opnemen, verminderd.

De sapropeliumlaag speelt een belangrijke rol bij de zelf-facilitatie van de soort. Krabbenscheer bindt veel koolstofdioxide uit de atmosfeer. Wanneer de dode biomassa afbreekt, komt de koolstofdioxide deels weer vrij in de bodem. Vanuit de bodem komt de koolstofdioxide in de waterlaag terecht, waardoor in het voorjaar zowel de groei als het opdrijven van de ondergedoken planten wordt bevorderd. Krabbenscheer creëert dus zijn eigen milieu met een minder voedselrijke bodem



**Foto 3.** Competitie tussen smalle waterpest en krabbenscheer (A en B); in hard water met een voedselrijke bodem wordt deze bijna altijd gewonnen door waterpest. C. Competitie tussen krabbenscheer en gele plomp. D. In hard water met weinig koolstofdioxide blijven krabbenscheerplanten vaak klein (met dunne bladeren) en submers (foto's: Esther Lucassen).

en een hogere beschikbaarheid van koolstofdioxide in de waterlaag boven de bodem.

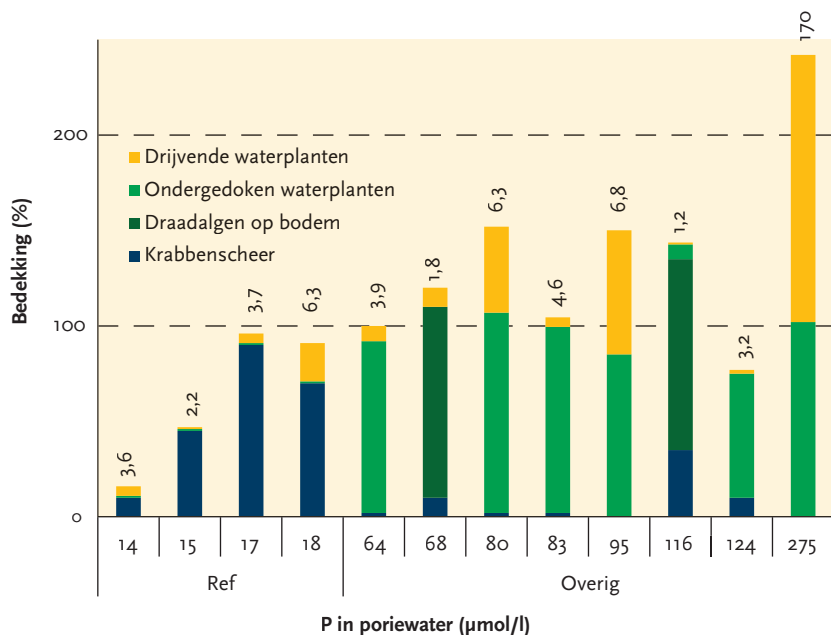
Krabbenscheerplanten bedekken in de winter de bodem en drijven in de zomer op het water. Hierdoor krijgt de wind minder vat op de bodem, waardoor het water ook helderder blijft in het voorjaar. Omdat krabbenscheerplanten snel kunnen groeien en zich zeer efficiënt met uitlopers voortplanten, kunnen ze ook veel biomassa vormen en veel nutriënten uit de waterlaag opnemen. Bovendien scheiden ze zogenaamde allelopatische (giftige) stoffen uit die de groei van algen remmen. Ook hierdoor blijft het water helder wanneer er zich eenmaal een krabbenscheervegetatie heeft gevestigd (Mulderij et al., 2005, 2009).

Krabbenscheer is dus een echte biobouwer ('eco-engineer') die via deze mechanismen zowel de kwaliteit van de onderwaterbodem als die van het oppervlaktewater beïnvloedt. Hoewel de omstandigheden in veel veenweidesloten suboptimaal zijn voor de vestiging van krabbenscheer, kunnen goed ontwikkelde vegetaties de milieuomstandigheden dusdanig veranderen dat de condities om zich te handhaven juist gunstig worden. Dit noemen we zelf-facilitatie. Wanneer er zich eenmaal een krabbenscheervegetatie heeft gevestigd, dan is de kans groot dat deze zich kan handhaven door deze zelf-facilitatie. Er kan

in voedselrijke sloten, dan ook sprake zijn van twee min of meer stabiele alternatieve toestanden. Hierbij is er vaak sprake van een eutrafente vegetatie, met weinig of geen krabbenscheer, of, als alternatief, een vegetatie die volledig gedomineerd wordt door krabbenscheer.

### Herintroductie en beheer

Vanwege de zelf-facilitatie neemt de kans op een succesvolle vestiging bij herstelbeheer toe naarmate er meer planten worden geïntroduceerd (fig. 3). Geadviseerd wordt om bij introductie van krabbenscheer tenminste enkele honderden planten in te



**Fig. 2.** Staafdiagram van de bedekking van krabbenscheer, ondergedoken waterplanten plus waterlelie, overige drijvende waterplanten en bodemalgen in de onderzochte sloten in de omgeving van Reeuwijk. Op de horizontale as staat de fosfaatconcentratie in het poriewater van de onderwaterbodem. De P-concentratie in de waterlaag (ook in µmol/l) wordt boven de balken weergegeven. 'Ref' staat voor referentiesloten met veel krabbenscheer en 'Overig' voor de overige sloten.

brenge. De kans dat een klein groepje planten het uiteindelijk redt, is erg klein. Bij introductie is het ook belangrijk om de ingebrachte planten bij elkaar te houden, bijvoorbeeld door het maken van een tijdelijke gaasconstructie. In De Deelen wordt hiermee, met succes, geëxperimenteerd. Wanneer de planten te ver uit elkaar drijven, kan er immers geen zelf-facilitatie plaatsvinden. Bijkomend voordeel van deze tijdelijke kooiconstructie is dat de planten minder gevoelig zijn voor vraat door watervogels. Vraat door vogels kan met name de vestiging van krabbenscheer ernstig bemoeilijken (Veen et al., 2013). Het beste is om de planten te introduceren aan het begin van het groeiseizoen, nog voordat de planten wortels beginnen te maken. Verder wordt ook aangeraden om vooraf een sapropeliumlaag uit een goed ontwikkelde krabbenscheervegetatie aan te brengen. Hierdoor wordt de kans op een succesvolle vestiging van krabbenscheer groter.

Het schonen van sloten heeft een belangrijk effect op de ontwikkeling van krabbenscheervegetaties. Wanneer de ontwikkeling van een groot veld wordt nagestreefd, moeten er geen krabbenscheerplanten verwijderd worden, totdat er sprake is van een omvangrijk en stabiel veld. Overigens is het wel zinvol om na introductie de sloot selectief (slim) te schonen, waarbij er vooral concurrerende planten worden verwijderd en geen krabbenscheerplanten.

Dit betekent dus specifiek (lieftst handmatig) schonen. Dit kan daarom zeker niet routinematig gebeuren, maar vereist maatwerk en medewerking van de landgebruiker.

Wanneer een sloot helemaal vol krabbenscheer zit, is onderhoudsbeheer belangrijk, omdat anders de kans bestaat dat de vegetatie instort onder de hoge nutriëntenbelasting in het veenweidegebied. Wanneer de planten geen nieuwe biomassa meer kunnen vormen, kan in de zomer ammonium accumuleren in de waterlaag. Als krabbenscheer de waterlaag afdekt kunnen de zuurstofgehalten in de waterlaag laag worden. Hierdoor vindt er in veel mindere mate omzetting van ammonium naar nitraat plaats. Wanneer de ammoniumconcentratie in de waterlaag te hoog wordt, kunnen de planten vergiftigd raken (Smolders et al., 2000; Harpenslager et al., 2016). Nadat er zich een mooie vegetatie heeft ontwikkeld, moet er dus slim geschoond worden. Hierbij is het beste om het ene jaar de ene kant van de sloot te schonen en het andere jaar de andere kant, waarbij een derde tot de helft van de aanwezige vegetatie wordt verwijderd. Vanwege hun hoge productie functioneren krabbenscheervegetaties ook als natuurlijke waterfilters, waardoor het deels schonen van de sloot ook eutrofiëring aanpakt, en ze hierdoor de waterkwaliteit in de omgeving van de velden kunnen verbeteren. In het verleden gebruikten

boeren krabbenscheer na het schonen van de sloot als organische mest op het land. De planten die uit de sloten gehaald worden, kunnen worden gebruikt om elders in het gebied een nieuwe krabbenscheervegetatie te starten. Omdat krabbenscheer sapropelium vormt, wordt een sloot met veel krabbenscheer uiteindelijk ook snel ondieper. Dit betekent dat er ook regelmatig sapropelium uit de sloot gehaald zal moeten worden om complete verlanding van de sloot te voorkomen, tenzij verlanding juist wordt nagestreefd. Dit sapropelium kan weer gebruikt worden om elders in het gebied de ontwikkeling van een krabbenscheervegetatie op gang te brengen. De ideale diepte voor een krabbenscheersloot bedraagt 50-80 cm. Op slappe veraarde oevers kan afkalving optreden, waardoor er snel voedselrijke bagger in de sloot terecht komt. Dit wordt versterkt door betreding van vee dat komt drinken aan de slootkanten. De erosie vanuit de oevers zou kunnen worden verminderd door deze uit te rasteren, zodat betreding voorkomen wordt. Dit bevordert ook de groei van helofyten waardoor stevigere oevers kunnen ontstaan, mits vraat van de jonge planten wordt voorkomen. Ook kan een deel van de oevers geplagd worden waarbij de veraarde veenlaag wordt verwijderd en er een soort van natuurvriendelijke oever ontstaat waarin slibdeeltjes kunnen bezinken. Het voordeel van deze herstelmaatregel is dat de afkalving van de oevers, en daarmee de opbouw van de eutrofe modderlaag in het water, verminderd zal worden. De toevoer van nutriënten naar het oppervlaktewater neemt daarmee automatisch af.

### Conclusie

Om krabbenscheer echt een kans te geven in het veenweidegebied is het op de juiste wijze introduceren van de soort, en vooral ook het op de juiste wijze beheren van de sloten, van groot belang. Onder de sub-optimale omstandigheden, met voedselrijke bodems en hard koolstofdioxide-arm water, waarvan nu eenmaal sprake is in het grootste deel van de Nederlandse veenweidegebieden, speelt het proces van zelf-facilitatie een cruciale rol (fig. 3). Om zelf-facilitatie mogelijk te maken moet krabbenscheer in voldoende hoge dichtheden worden geïntroduceerd, waarbij bovendien ook sapropelium wordt ingebracht. Vanwege de voedselrijkdom is een goed onderhoud daarna belangrijk.

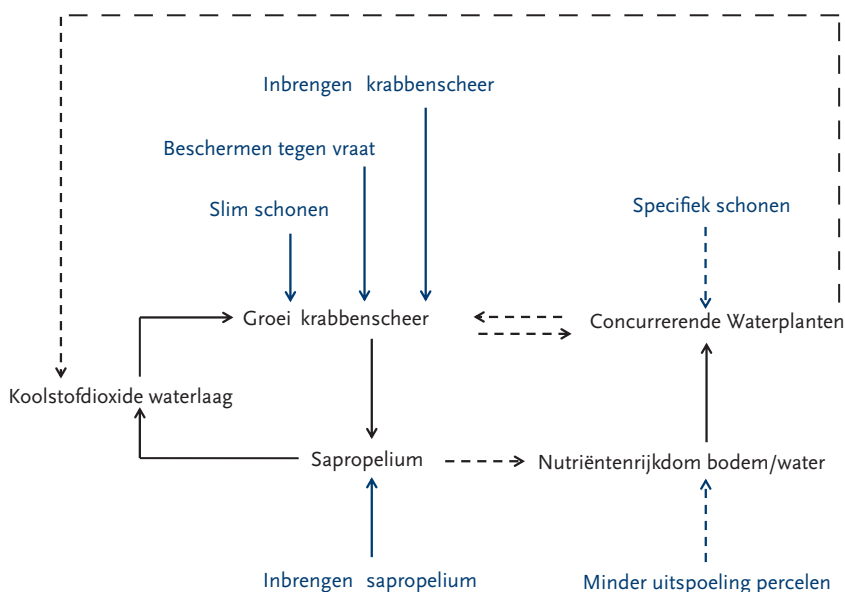


Fig. 3. Zelf-facilitatie door een krabbenscheervegetatie in een voedselrijk sub-optimaal milieu, zoals het veenweidegebied, en beheermaatregelen (in blauw) die dit proces beïnvloeden. Een doorgetrokken lijn betekent stimulering; een gestippelde lijn betekent remming.



Krabbescheerplant met aanhangend sapropelium aan de wortels (foto: Esther Lucassen).

## Literatuur

**Bloemendaal,**

**F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs**

(red.), 1988. Waterplanten en Waterkwaliteit.

Utrecht: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. ISBN 90-5011-014-2.

**Higler, L.W.G., 1977.** Macrofauna-cenoses on *Stratiotes* plants in Dutch broads. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Wageningen.

**Jong, Th.H. de, 2000.** Soortenbeschermingsplan voor Krabbescheer en Groene Glazenmaker. Provincie Utrecht.

**Harpenslager, S.F., A.J.P. Smolders, J.G.M.**

**Roelofs, A. Kieskamp & L.P.M. Lamers, 2015.**

To float or not to float: how interactions between light and dissolved inorganic carbon species determine the buoyancy of *Stratiotes aloides*. PLOS One DOI:10.1371/journal.pone.0124026.

**Harpenslager, S.F., L.P.M. Lamers, T. van der Heide, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders, 2016.**

Harnessing facilitation: Why successful re-introduction of *Stratiotes aloides* requires high densities under high nitrogen loading. Biological Conservation 195: 17-23.

**Mulderij, G., W.M. Mooij, A.J.P. Smolders & E. van Donk, 2005.**

Allelopathic inhibition of phytoplankton by exudates from *Stratiotes aloides*. Aquatic Botany 82: 284-296.

**Mulderij, G., B. Mau, L.N. de Senerpont Domis,**

**A. J.P. Smolders & E. van Donk, 2009.**

Interaction between the macrophyte *Stratiotes aloides* and filamentous algae: does it indicate allelopathy? Aquatic Ecology 43: 305-312.

**Poelen, M. & A.J.P. Smolders, 2015.** Polder Stein-noord. Biogeochemisch onderzoek naar de water-, oever- en slibkwaliteit van de sloten. Rapport 2015-17. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

**Roelofs, J.G.M., 1991.** Inlet of alkaline river water into peaty lowlands: effects on water quality and *Stratiotes aloides* L. stands. Aquatic Botany 39: 267-293.

**Smolders, A.J.P., A.H.N. van Duynhoven & J.G.M. Roelofs, 1993.**

Vruchtzetting en zaadproductie van Krabbescheer (*Stratiotes aloides* L.) in Nederland. Gorteria 19: 55-61.

**Smolders, A.J.P., J.G.M. Roelofs & C. den Hartog, 1996.** Possible causes for the decline of the water soldier (*Stratiotes aloides* L.) in the Netherlands. Archiv für Hydrobiologie 136: 327-342.

**Smolders, A.J.P., M.C. van Riel & J.G.M. Roelofs, 2000.** Accumulation of free-amino acids as an early indication for physiological stress (nitrogen overload) due to elevated ammonium levels in vital *Stratiotes aloides* L. stands. Archiv für Hydrobiologie 150: 169-175.

**Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, C. den Hartog & J.G.M. Roelofs, 2003.** Mechanisms involved in the decline of *Stratiotes aloides* L. in the Netherlands: sulphate as a key variable. Hydrobiologia 506/509: 603-610.

**Smolders, A., J. van Diggelen, J. Roelofs, E.**

**Lucassen, J. Geurts & L. Lamers, 2013a.**

Waterkwaliteit in het veenweidegebied: de complexe interacties tussen oever, waterbodembodem en oppervlaktewater. Landschap 3: 145-153.

**Smolders, A., J. van Diggelen, J. Loermans, G. van Dijk, M. van Mullekom & L. Lamers, 2013b.**

Het veenweidegebied: pompen en verzuipen? De Levende Natuur 114(4): 127-133.

**Veen, G.F., J.M. Sarneel, L. Ravensbergen, N.**

**Huig, J. van Paassen, W. Rip & E.S. Bakker,**

**2013.** Aquatic grazers reduce the establishment and growth of riparian plants along an environmental gradient. Freshwater Biology 58: 1794-1803.

**Vermaat, J.E., J. Harmsen, F.A. Hellmann, H.G.**

**van der Geest, J.J.M. de Klein, S. Kosten, A.J.P.**

**Smolders, J.T.A. Verhoeven, R.G. Mes & M.**

**Ouboter, 2016.** Annual sulfate budgets for Dutch lowland peat polders: The soil is a major sulfate source through peat and pyrite oxidation. Journal of Hydrology 533: 515-522.

## Summary

### Opportunities for the Water Soldier (*Stratiotes aloides*) in eutrophic peat meadow areas

Water soldier is an aquatic macrophyte characterised by alternating floating and submerged life stages. Because of its ability to form dense, floating mats and produce high amounts of organic matter, water soldier is an important species in the process of terrestrialisation and the succession of fens. Throughout the Netherlands, the species declined since the 1950s due to a combination of eutrophication and alkalisation. Eutrophication and enhanced sulphate deposition can lead to ammonium or sulphide toxicity and iron deficiency, both of which can impact root formation. Alkalisation, on the other hand, reduced the amount of carbon dioxide available for photosynthesis during submerged stage and thereby lowers buoyancy and growth. A recent survey shed light on the ability of this species to actively alter its environment to support its own growth as a so-called ecosystem engineer, which can be useful for management purposes. When reintroducing the species, sufficient numbers should be transplanted to ensure self-facilitation. Furthermore, while waterways should be regularly cleared to avoid build-up of toxic ammonium or sulphide, care should be taken that a dense stand remains.

Prof. dr. A.J.P. Smolders

Dr. E.C.H.E.T. Lucassen

Prof. dr. J.G.M. Roelofs

Onderzoekcentrum B-WARE

Postbus 6558

6503 GB Nijmegen

a.smolders@b-ware.eu

Prof. dr. L.P.M. Lamers

Prof. dr. A.J.P. Smolders

Radboud Universiteit Nijmegen

Institute for Water and Wetland Research

Afdeling Aquatische Ecologie en Milieubiologie

Heyendaalseweg 135

6525 AJ Nijmegen

Dr. S.F. Harpenslager

School of Biological and Chemical Sciences

Queen Mary University

E1 4NS London

Verenigd Koninkrijk

Ing. F. van Schaik

Hoogheemraadschap van Rijnland

Archimedesweg 1

Postbus 156

2300 AD Leiden