

Blootstelling van wortelzones aan verzilting in laag Nederland en de effecten op planten

Sija F. Stofberg¹

Dit artikel bevat een samenvatting van het proefschrift 'Hydrological controls on salinity exposure and the effects on plants in lowland polders', dat Sija Stofberg op 7 juni 2017 succesvol heeft verdedigd aan de Wageningen Universiteit. Promotoren waren Sjoerd van der Zee (Wageningen Universiteit) en Flip Witte (Vrije Universiteit Amsterdam en KWR Watercycle Research Institute).

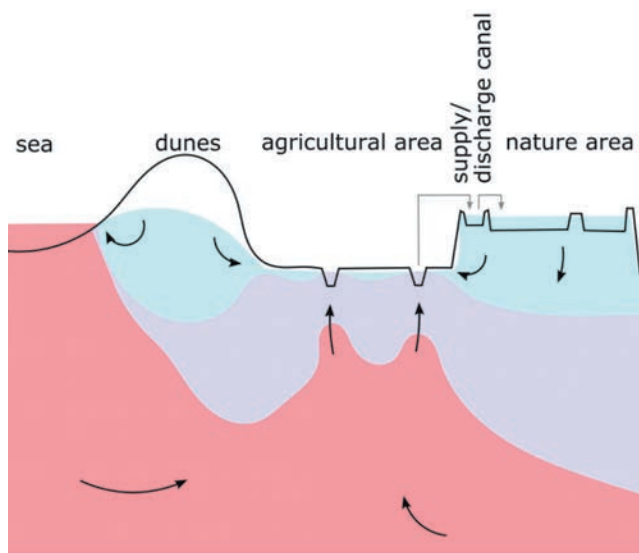
Het proefschrift gaat in op verschillende wijzen waarop planten blootgesteld kunnen worden aan verzilting in laag Nederland, alsmede op de effecten van verhoogde zoutconcentraties op laagveenplanten. Het tweede hoofdstuk gaat in op de dikte en uitputting van zoetwaterlenzen in gebieden met zoute of brakke kwel. De volgende twee hoofdstukken richten zich op de hydrologie van kraggen (drijvende wortelmatten) in laagveengebieden, met nadruk op het identificeren van factoren die bepalend zijn voor de dynamiek. In het vijfde hoofdstuk worden de effecten van zout op plantensoorten uit het laagveen behandeld. De resultaten laten zien in welke situaties blootstelling van de wortelzones in landbouw- en natuurgebieden mogelijk is. Daarnaast wordt duidelijk dat blootstelling aan lage zoutconcentraties op relatief korte termijn effecten op laagveenplanten kan veroorzaken.

Inleiding

Het Nederlandse laagland is sterk beïnvloed door allerlei menselijke activiteiten. Het landschap is getekend door vervening en de waterniveaus in de polders worden nauwkeurig beheerst. De vervening en eeuwenlange ontwatering hebben geleid tot bodemdaling, waardoor veel landbouwpolders zich tegenwoordig onder de zeespiegel bevinden (Afbeelding 1). Vroegere veenafravingen die niet ontwaterd zijn liggen tegenwoordig relatief hoog in het landschap. In de verlaten petgaten hebben planten (deels) drijvende wortelmatten (*kraggen* of *zudden*) gevormd, waarop verschillende vegetatiezones te vinden zijn. Sommige daarvan zijn rijk aan plantensoorten. Veel van deze laagveenverlandingen, waartoe onder anderen trilvenen behoren, zijn tegenwoordig aangewezen als beschermd natuurgebied.

¹ KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein (sija.stofberg@kwrwater.nl).

Door verschillende processen kunnen zowel de diepe landbouwpolders als de hoger gelegen natuurgebieden onderhevig zijn aan verzilting. De diepe landbouwpolders ontvangen kwelwater, dat in West-Nederland brak of zout kan zijn. Als gevolg van een neerslagoverschot kunnen zich in de freatische zone, bovenop het zoute of brakke grondwater, zogeheten zoetwaterlenzen ontwikkelen. Als deze lenzen erg dun zijn, kunnen ze verdwijnen tijdens perioden van neerslagtekort, waardoor verzilting van de wortelzone kan optreden. Naast grondwaterverzilting kan ook verzilting van het oppervlaktewater voorkomen. Polders worden vooral 's zomers regelmatig voorzien van oppervlaktewater om de waterniveaus constant te houden. Dit water wordt aangevoerd via boezems en bevat rivierwater of water dat afkomstig is uit andere polders. Door zoute kwel of stroomopwaartse verplaatsing van de zouttong in een rivier kan dit water een verhoogde zoutconcentratie hebben. Hierdoor bestaat de kans dat (deels) drijvende wortelmatten in laagveennatuurgebieden in de toekomst blootgesteld worden aan zout.



Afbeelding 1: Schematische illustratie van de saliniteit van het grondwater in laag Nederland. De aanvulling van zoet grondwater (lichtblauw) zorgt voor de vorming van regenwaterlenzen. Deze zijn dun in gebieden met veel zoute (rood) of brakke (paars) kwel. Het oppervlaktewaterniveau in polders wordt beheerd door te bemalen of water aan te voeren via boezems. Gewijzigd naar Oude Essink e.a. (2010) en Witte e.a. (2012).

Voor zowel landbouw- als natuurgebieden wordt verzilting als bedreiging gezien, omdat zoutconcentraties in de wortelzone de plantengroei kunnen schaden, en zo de oogst of de biodiversiteit kunnen beïnvloeden. Het risico van zoutstress is afhankelijk van de blootstelling van de wortelzone aan verhoogde zoutconcentraties, en van de effecten die de concentraties hebben op de vegetatie.

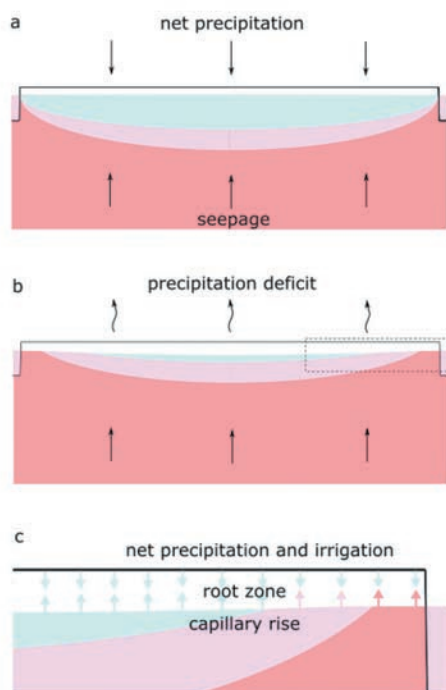
In landbouwgebieden zijn de effecten van verzilting redelijk te voorzien, omdat voor veel gewassen het effect van zoutgehalten op de oogst grofweg bekend is. Voor natuurgebieden is het veel minder goed duidelijk hoe verzilt water de wortelzone zou

kunnen bereiken, omdat de hydrologische dynamiek onvoldoende bekend is. Daarnaast is ook weinig bekend over het mogelijke effect van zout op natuurlijke vegetatie.

De doelstellingen van mijn promotieonderzoek waren daarom (1) het aanreiken van algemene methoden om verzilting te schatten in gebieden met zoute kwel onder verschillende omstandigheden en (2) het risico van verzilting in laagveenverlandingen vast te stellen door de hydrologische processen en de effecten van verhoogde zoutconcentraties op plantensoorten van laagvenen te beschrijven.

Zoetwaterlenzen en verzilting

In hoofdstuk 2 van het proefschrift (Stofberg e.a. 2016a) combineerden we simpele benaderingen om verzilting te schatten in gebieden met zoute kwel (Afbeelding 2). Eerst wordt de gemiddelde dikte van een zoetwaterlens geschat op basis van de kwelflux, gemiddelde netto neerslag en de eigenschappen van het gebied, en ook de dikte van de zone waar zoet en zout of brak water met elkaar gemengd worden (Maas, 2007; Cirkel e.a., 2015). De mogelijke uitputting van het zoete deel van de lens onder droge omstandigheden wordt geschat op basis van het maximale cumulatieve neerslagtekort dat in de zomer kan ontstaan. In het geval dat (een deel van) de lens



Afbeelding 2: Schematische illustratie van de processen die beschreven zijn in hoofdstuk 2. a. Een doorsnede van een perceel dat omgeven is door sloten, met een zoetwaterlens (lichtblauw) die ontstaan is door het neerslagoverschot, een mengzone (paars) en brak kwellend grondwater (rood). b. Het cumulatieve neerslagtekort wordt gebruikt om te schatten hoeveel van de lens maximaal zou kunnen verdwijnen. De gemarkeerde rechthoek is weergegeven in c. c. Verzilting van de wortelzone wordt toegeschreven aan het mengen van percolerend neerslagwater, eventuele beregening en capillaire opstijging. Deze laatste flux kan brak of zout worden op plekken waar de zoetwaterlens is uitgeput.

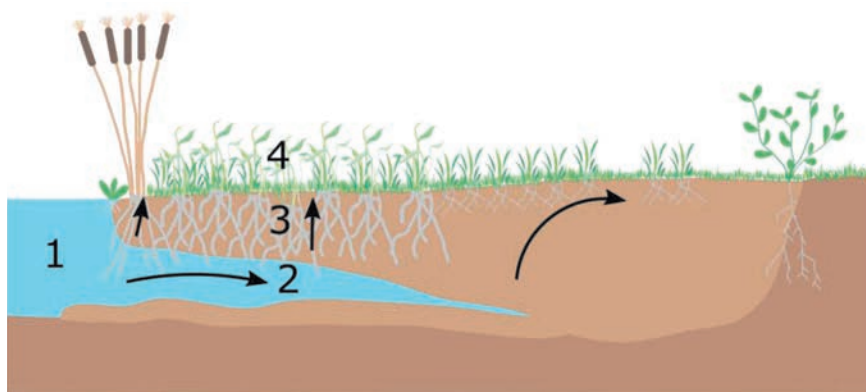
verdwijnt, kan de langetermijnverzilting worden geschat als een gewogen gemiddelde van de zoutgehalten van elk van de waterfluxen die de wortelzone binnen komen: netto neerslag, irrigatie en capillaire opstijging uit het grondwater. De gekozen aanpak kan toegepast worden zonder het gebruik van numerieke modellen, wat als voordeel heeft dat de methode gebruiksvriendelijk en transparant is, en dat berekeningen snel kunnen worden uitgevoerd. Deze methode zou gebruikt kunnen worden als hulpmiddel bij de regionale prioritering van de zoetwaterverdeling.

Waterhuishouding van wortelmatten

Hoofdstuk 3 (Stofberg e.a., 2016b) en 4 (Stofberg et al., 2018, *in review*) richten zich op de waterhuishouding van wortelmatten, waarbij met name wordt gekeken naar belangrijke eigenschappen die de stroming van water verklaren. Het opvallendste resultaat is het verschil in dynamiek tussen de drijvende delen van de wortelmatten, en de delen die aan de ondergrond vastgegroeid zijn (Afbeelding 3).

Het drijvende deel van de wortelmat beweegt op en neer met het oppervlaktewater, met een drijfvermogen dat iets sterker wordt als de temperatuur stijgt. In dit deel blijft de grondwaterspiegel vrijwel altijd op praktisch hetzelfde niveau als het oppervlaktewater. Doordat er een snelle uitwisseling plaatsvindt met de waterlaag onder de wortelmat, worden de grondwaterfluctuaties alleen beïnvloed door oppervlaktewaterfluctuaties. Het samengestelde effect van het drijfvermogen en de snelle uitwisseling is dat de diepte van de grondwaterspiegel ten opzichte van het maaiveld heel stabiel is, waardoor de vochtcondities voor de vegetatie dat ook zijn.

Het deel van de wortelmat dat is vastgegroeid aan de ondergrond heeft een grotere grondwaterstandsdynamiek, die verklaard wordt door de hydraulische weerstand tus-



Afbeelding 3: Schematisch overzicht van de processen die het verziltingsrisico bij kraggen bepalen. 1. Verzilting van het oppervlaktewater. Dit kan per plek verschillen en hangt vooral af van het beheer van het oppervlaktewater. 2. Wanneer de wegzijgingsflux groter is dan het neerslagoverschot, zal oppervlaktewater naar de zone onder de wortelmat stromen. 3. Tijdens perioden van neerslagtekort zal het water de wortelmat instromen. In het drijvende deel is er vooral verticale uitwisseling over korte afstanden, in het vastgegroeide deel vindt laterale stroming plaats over grotere afstanden. 4. Gevoelige plantensoorten worden beïnvloed door verhoogde zoutconcentraties in de wortelzone, waardoor groei beperkt wordt en de biomassa anders verdeeld wordt over de plant. Uiteindelijk is het mogelijk dat de soortensamenstelling hierdoor beïnvloed wordt.

sen de wortelmat en het oppervlaktewater. Deze weerstand hangt af van de afstand tot het oppervlaktewater en de doorlatendheid van het bodemmateriaal. We hebben sterke ruimtelijke verschillen in doorlatendheid gezien, voornamelijk in de diepte. De verticale gelaagdheid hangt samen met de verdere staat van afbraak van het organisch materiaal in de diepere lagen, omdat nieuwe vegetatie en organisch materiaal bovenop de oude lagen ophopen. De heterogeniteit leidt ertoe dat meer stroombanen door het oppervlakkige deel van de wortelmat gaan.

Effecten van zout op plantensoorten uit het laagveen

Hoofdstuk 5 (Stofberg e.a., 2015) beschrijft de resultaten van een kasexperiment, waarin plantensoorten van wortelmatten (wateraardbei, moerasvergeet-me-nietje, blauwe knoop, moerasvaren en moerasviooltje) gedurende 7 weken werden blootgesteld aan verschillende zoutgehalten. Zoutconcentraties boven 500 mg l⁻¹ Cl⁻ resulteerden in groeivermindering bij drie van deze soorten. Wanneer de biomassa van alle vijf soorten werd samengevoegd, vonden we een duidelijke vermindering in totale biomassa vanaf 200 mg l⁻¹ Cl⁻. Er is dus een direct verband tussen de relatief lage zoutconcentraties en de groei van laagveensoorten, wat betekent dat de vegetatie van kraggen beïnvloed kan worden door relatief korte blootstelling aan lage zoutconcentraties.

Conclusie

De verschillende hoofdstukken laten voor zowel landbouw- als natuurgebieden zien bij welke combinaties van factoren verzilting van de wortelzones kan optreden. Voor kraggen in het laagveen wordt tevens inzicht geboden in de dynamiek en de ruimtelijke verschillen in grondwaterstroming.

De gecombineerde resultaten van hoofdstuk 3, 4 en 5 laten zien dat als het oppervlaktewater in de polders met natuurgebieden (beperkt) zouter wordt, de plantensoorten aan de drijvende randen van de wortelmatten waarschijnlijk blootgesteld worden en dat hun groei hierdoor vermindert. Zoutstress treedt bij deze soorten op bij lagere concentraties dan eerder gedacht werd.

Literatuur

Cirkel, D.G., S.E. van der Zee en J.C.L. Meeussen (2015) Front spreading with nonlinear sorption for oscillating flow; in: *Water Resources Research*, vol 51, pag 2986-2993.

Maas, K. (2007) Influence of climate change on a Ghijben–Herzberg lens; in: *Journal of Hydrology*, vol 347, pag 223-228.

Oude Essink, G.H.P., E.S. Van Baaren en P.G.B. De Louw (2010) Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands; in: *Water Resources Research*, vol 46, pag 1-16.

Stofberg, S.F., G.H.P.O. Essink, P.S. Pauw, P.G.B. de Louw, A. Leijnse en S.E.A.T.M. van der Zee (2016a) Fresh Water Lens Persistence and Root Zone Salinization Hazard Under Temperate Climate; in: *Water Resources Management*, vol 31, no 2, pag 689-702.

Stofberg, S.F., A. Klimkowska, M.P.C.P. Paulissen, J.P.M. Witte en S.E.A.T.M. van der Zee (2015) Effects of salinity on growth of plant species from terrestrializing fens; in: *Aquatic Botany*, vol 121, pag 83-90.

Stofberg, S.F., J. van Engelen, J.P.M. Witte en S.E.A.T.M. van der Zee (2016b) Effects of root mat buoyancy and heterogeneity on floating fen hydrology; in: *Ecohydrology*, vol 9, pag 1222-1234.

Witte, J.P.M., J. Runhaar, R. van Ek, D.C.J. van der Hoek, R.P. Bartholomeus, O. Batelaan, P.M. van Bodegom, M.J. Wassen en S.E.A.T.M. van der Zee (2012) An ecohydrological sketch of climate change impacts on water and natural ecosystems for the Netherlands: bridging the gap between science and society; in: *Hydrology and Earth System Sciences*, vol 16, pag 3945-3957.

Hydrological controls on salinity exposure and the effects on plants in lowland polders

This article is a summary of the PhD thesis 'Hydrological controls on salinity exposure and the effects on plants in lowland polders', that Sija Stofberg successfully defended at Wageningen University on the 7th of June, 2017. Promotors were Sjoerd van der Zee (Wageningen University) and Flip Witte (VU Amsterdam and KWR Watercycle Research Institute).

The dissertation discusses several ways in which root zones in Dutch lowlands can be exposed to salinization, as well as the effects of increased salinity on fen plant species. The second chapter concerns the thickness and depletion of fresh water lenses in areas with brackish or saline seepage. The next two chapters focus on the hydrology of (partially) floating root mats in fen areas, with an accent on the identification of factors that determine the flow dynamics. In the fifth chapter, the effects of salinity on fen species are discussed. The results of this thesis show in which situations root zone exposure is possible, for both agricultural and natural areas. Furthermore, it becomes clear that exposure to low levels of salinity for relatively short timespans can affect the growth of fen plants.
