

## Woekering van waterplanten in beken tot op de bodem uitgezocht

*Alfons Smolders, Esther Lucassen, Jan Roelofs (Onderzoekcentrum B-WARE), Annemarie Kramer-Hoenderboom en John Lenssen (waterschap Rijn en IJssel)*

**Woekerende waterplanten in stromende wateren zorgen voor veel hoofdbreken bij waterbeheerders. Ze staan ecologische doelen in de weg en zorgen bovendien voor hoge onderhoudskosten. Een minder productieve vegetatie is dus om meerdere redenen wenselijk. Dit artikel gaat nader in op de rol van de waterbodem hierbij. Onderzoek aan waterbodems in Oost-Gelderland heeft namelijk duidelijk gemaakt dat de waterbodem een belangrijk handvat biedt om de woekering van waterplanten aan te pakken.**

Naarmate de externe belasting van onze oppervlaktewateren steeds verder afneemt zal de waterbodem steeds bepalender worden voor de productiviteit van het aquatische milieu [1], [2]. De bodem kan op verschillende manieren de waterkwaliteit beïnvloeden. Zo kan er vanuit de onderwaterbodem nalevering plaatsvinden van fosfor en stikstof naar de waterlaag. Bij stilstaande situaties, in het algemeen in systemen met een relatief lange verblijftijd, kan dit alsnog leiden tot de ongewenste ontwikkeling van (draad-) algen en kroosdekken. Een afname van de externe belasting zal dan geen verbetering van de (ecologische) waterkwaliteit opleveren. Wanneer nalevering van nutriënten achterwege blijft zodat het water helder wordt, zal de voedselrijkdom van de bodem in zeer sterke mate de groei van waterplanten bepalen. Op voedselrijke substraten komt dan een beperkt aantal soorten tot ontwikkeling (bijvoorbeeld Smalle Waterpest (*Elodea nuttallii*) of Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*)). Deze kunnen zeer veel biomassa vormen, waardoor de diversiteit aan waterplanten laag blijft [1], [2] (zie afbeelding 1).

De excessieve groei van waterplanten kan voor veel overlast zorgen in beken. Alleen met heel intensief onderhoud kan afvoer dan gegarandeerd worden. Dit trekt weer een zware wissel op de biodiversiteit en op de financiën van waterbeheerders.

Voor waterbeheerders is het dus interessant om te weten welke eigenschappen van de waterbodem bepalend zijn voor de productiviteit van de vegetatie en de ecologische kwaliteit van het watersysteem, en hoe deze eigenschappen van de waterbodem samenhangen met karakteristieken van de watergang en omgeving.

In 2015 hebben waterschap Rijn en IJssel en Onderzoekcentrum B-WARE geprobeerd deze vragen te beantwoorden voor beken in Oost-Gelderland. Eerder was al gebleken dat oppervlaktewaterkwaliteit en hydrologie maar in beperkte mate de soortensamenstelling van de watervegetatie konden verklaren [3]. De kwaliteit van de onderwaterbodem is in dit onderzoek niet meegenomen. Daarom werd besloten een vervolgonderzoek uit te voeren waarbij de waterbodem nadrukkelijk wel werd meegenomen.

Waterschap Rijn en IJssel heeft 24 onderzoeklocaties geselecteerd waarvoor de vegetatiesamenstelling en de oppervlaktewaterkwaliteit reeds werd gemonitord. Omdat de locaties verspreid door het beheersgebied liggen, was het mogelijk om de resultaten van het onderzoek te koppelen aan gebiedskenmerken zoals kwel, bodemtype en de inrichting van de watergang (diepte, breedte, stroming). Op 20, 25 en 27 augustus 2015 werden de locaties bemonsterd door Onderzoekcentrum B-WARE. Hierbij werden monsters van de sliblaag en de vaste onderwaterbodem

verzameld, alsmede poriewaterwatermonsters. Tevens werd een vegetatieopname gemaakt en werden biomassa monsters van de vegetatie verzameld.



Afbeelding 1. Dominantie van Waterpest in beken leidt tot weinig groeimogelijkheden voor andere waterplanten (foto: waterschap Rijn en IJssel)

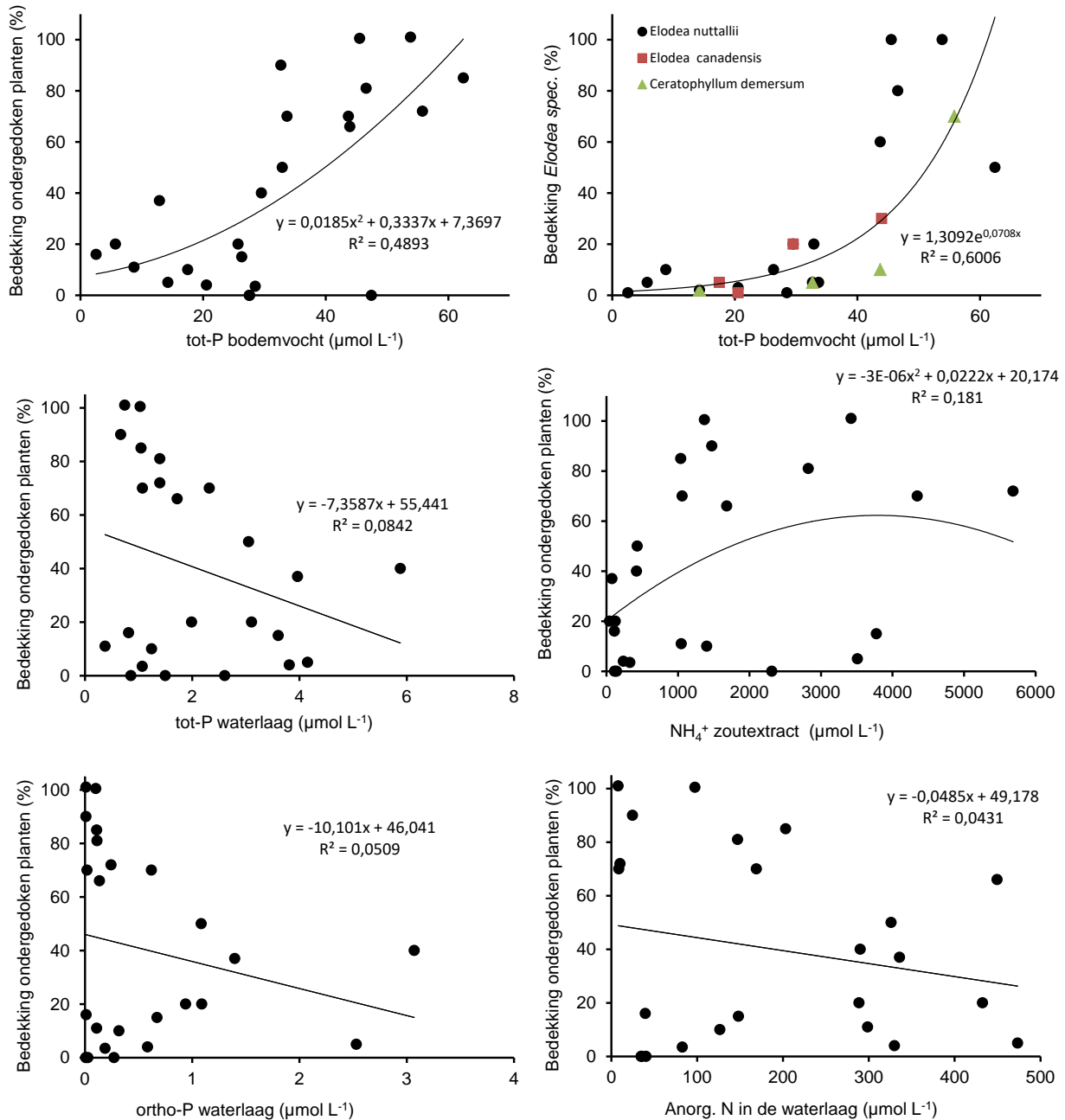
### Relatie waterbodem-waterplanten

Het water in de onderzochte beken is relatief hard (hoge pH en relatief hoog bicarbonaatgehalte) en vaak ook rijk aan nitraat en sulfaat. De hardheid van het water beperkt het potentieel aantal soorten omdat de kooldioxideconcentratie doorgaans laag is. In de beken groeiden dan ook vooral bicarbonaatgebruikende soorten of indifferente soorten (met drijfbladeren) die ook kooldioxide uit de lucht kunnen halen en niet of veel minder beïnvloed worden door de hardheid van het water. Smalle Waterpest werd het meest frequent aangetroffen. Deze soort kwam op zestien van de vierentwintig bemonsterde locaties voor en was vaak dominant aanwezig. Gele plomp (*Nuphar lutea*) was de meest voorkomende waterplant met drijfbladeren, die in dertien van de vierentwintig watergangen voorkwam met een maximale bedekking van 30%.

De bedekking met ondergedoken waterplanten was het sterkst gecorreleerd met de concentratie fosfor in het porievocht van de sliblaag ( $R^2 = 0,489$ ; zie afbeelding 2). Daarnaast was juist sprake van een negatieve correlatie tussen de bedekking van (ondergedoken) waterplanten en de concentratie fosfor in de waterlaag ( $R^2 = 0,3236$  voor alle waterplanten en  $R^2 = 0,0842$  voor de ondergedoken waterplanten; afbeelding 2). Er was geen verband tussen de bedekking van (ondergedoken) waterplanten en de vrije beschikbaarheid van stikstof (nitraat en/of ammonium) in de waterlaag ( $R^2 = 0,098$  en  $R^2 = 0,0438$ ) of het porievocht ( $R^2 = 0,041$  en  $R^2 = 0,0029$ ). Er werd wel een relatie gevonden tussen de bedekking van (ondergedoken) waterplanten en de hoeveelheid ammonium die aan het bodemadsorptie-complex is gebonden ( $\text{NH}_4^+ \text{-NaCl}$ ). Hoewel de correlatie relatief zwak is ( $R^2 = 0,139$ ),

zien we hier wel dat voor bodems waarvan de concentratie zoutextraheerbaar ammonium laag was (< 500 µmol/kg) de bedekking aan (ondergedoken) waterplanten ook laag is.

Met name de bedekkingen van Brede waterpest (*Elodea canadensis*), Grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), Aarvederkruid en Smalle waterpest correleerden sterk met de concentratie fosfor in het porievocht (afbeelding 2). Dit waren ook de meest frequent voorkomende en meest abundantste soorten in de bemonsterde watergangen. Duidelijke correlaties tussen de fosforconcentratie in het bodemvocht en de bedekking van andere ondergedoken waterplanten, waaronder Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*), Waterviolier (*Hottonia palustris*), Stomphoekig sterrenkroos (*Callitriche obtusangula*) en Drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*), werden niet gevonden of er was zelfs een omgekeerd verband te zien. Deze soorten waren ook overwegend slechts in een lage bedekking aanwezig. Hetzelfde geldt voor planten met drijfbladeren (Watergentiaan (*Nymphoides peltata*), Gele plomp en Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*)) en emerse helophyten (Pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*)).



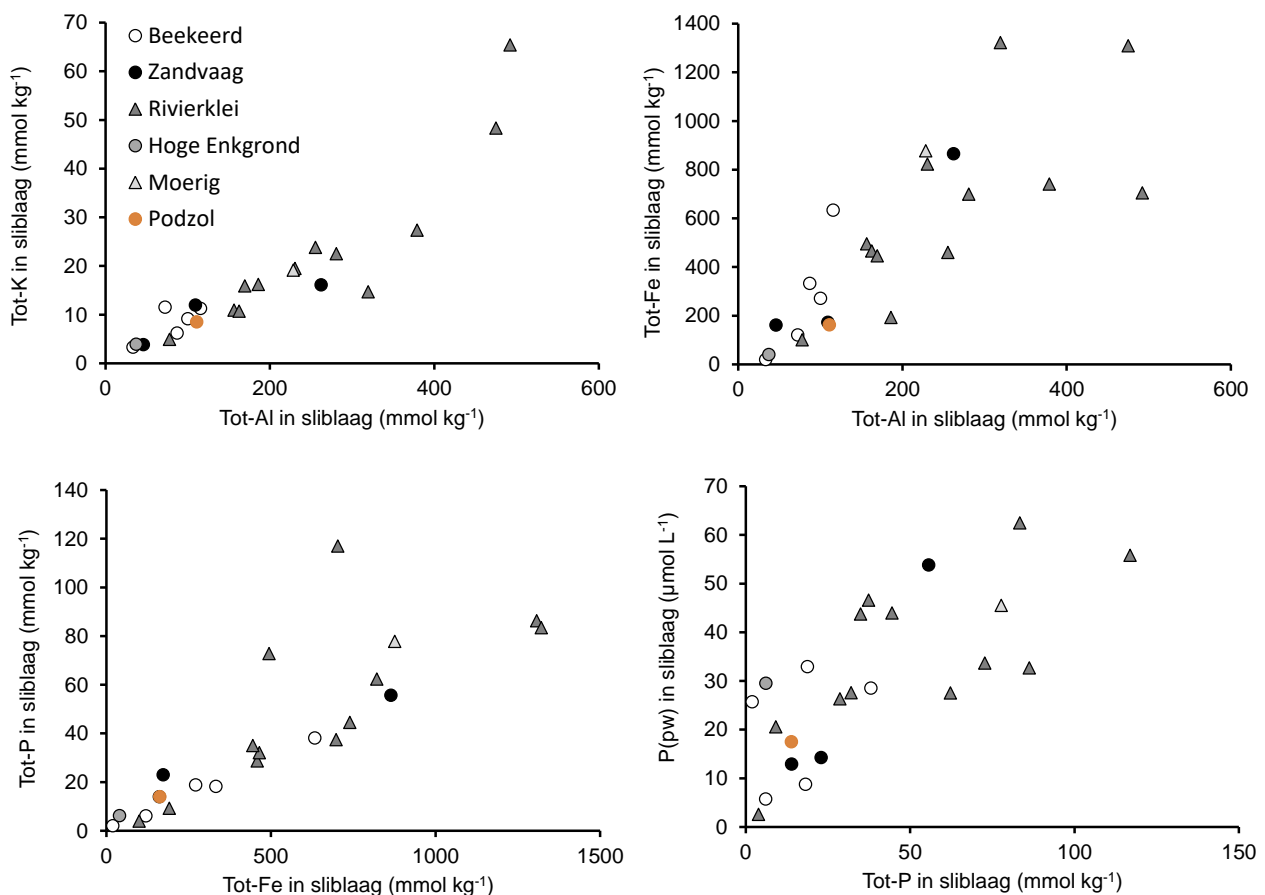
Afbeelding 2. Correlaties tussen de fosforbeschikbaarheid in bodem en waterlaag en de bedekking van (ondergedoken) waterplanten

Voor de beken in de Achterhoek lijken de groei en de productiviteit van de waterplanten dus vooral bepaald te worden door de fosforrijkdom van de onderwaterbodem, met name de P-concentratie in het poriewater. Bij poriewater met P-concentraties hoger dan  $30 \mu\text{mol/L}$  neemt de bedekking van Smalle waterpest en Grof hoornblad sterk toe. Het is bekend dat Smalle waterpest goed in staat is om met de wortels P uit de bodem op te nemen [4], [5]. Ook in stromend water halen wortelende waterplanten hun nutriënten vooral uit de bodem, ongeacht de voedselrijkdom van het oppervlaktewater [6].

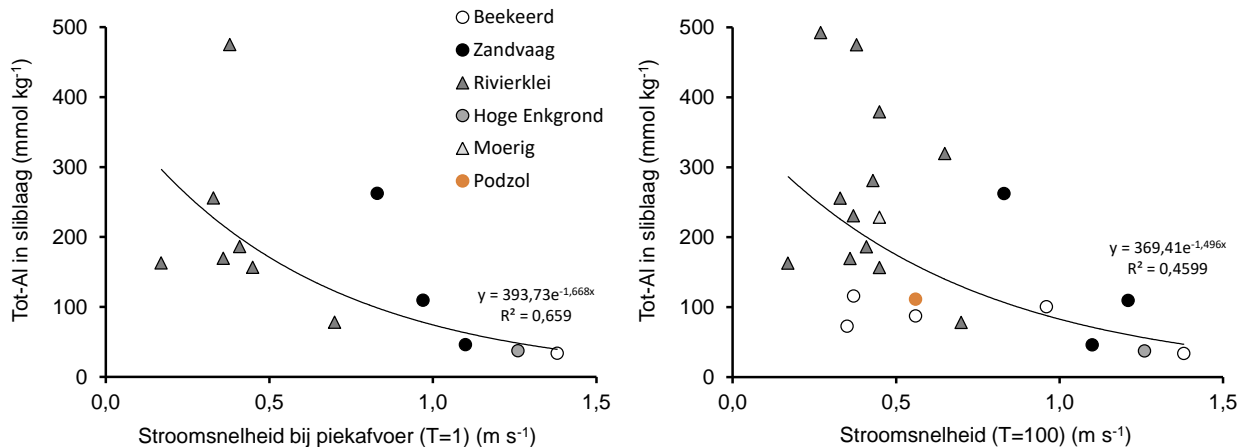
### Relatie met omgevingsfactoren

In zowel de sliblaag als de onderwaterbodem was de totaal-aluminiumconcentratie (Tot-Al) van de bodems zeer sterk gecorreleerd met de totaal-kaliumconcentratie (Tot-K). In lutum- en leem- (silt-) deeltjes komen aluminium en kalium in een vaste verhouding voor (afbeelding 3). Uit eerder onderzoek (database Onderzoekcentrum B-WARE) is dan ook gebleken dat de gemeten tot-Al-concentratie in de destructieanalyse een goede maat is voor de concentratie (verweerbare) lutum- (leem-)deeltjes. Met name in de sliblaag was de concentratie Tot-Al en hiermee het aandeel lutum (leem- c.q. siltdeeltjes) duidelijk hoger voor de locaties met rivierkleibodems. Op de locaties met het bodemtype rivierklei werden dus fijnere bodemdeeltjes aangetroffen en is de sliblaag tevens ook rijker aan ijzer. Omdat fosfaat goed wordt geadsorbeerd aan ijzer(hydr-)oxides en ook aan kleideeltjes, is de fosforconcentratie hoger in de slibbodem die zijn afgezet in het rivierkleigebied (afbeelding 3).

De lichtere, fijnere en tevens P-rijkere bodemdeeltjes bezinken preferent op locaties met een lagere stroomsnelheid. Er wordt dan ook een negatief verband gevonden tussen de stroomsnelheid bij piekafvoer ( $T=1$  en  $T=100$ ) en de Tot-Al concentratie van de slibbodem (afbeelding 4). Dit verband wordt echter (mede) veroorzaakt doordat de locaties met rivierkleibodems worden gekenmerkt door een stroomsnelheid bij piekafvoer die lager is dan 0,7 m/s. De omgevingsfactoren kwel, waterdiepte en breedte hadden geen invloed op de eigenschappen van de onderwaterbodem.



Afbeelding 3. Correlaties tussen chemische parameters in de sliblaag van de vierentwintig bemonsterde watergangen. Tot- zijn totaalconcentraties per kg droge bodem en (pw) staat voor de gemeten concentratie in het poriewater van de bodem. Het bodemtype van de omgeving wordt met verschillende symbolen weergegeven



Afbeelding 4. Correlaties tussen de stroomsnelheid  $T=1$  en  $T=100$  en de Tot-Alconcentratie van het slib

### Voedselrijkdom van de waterbodemerugkoppelingen

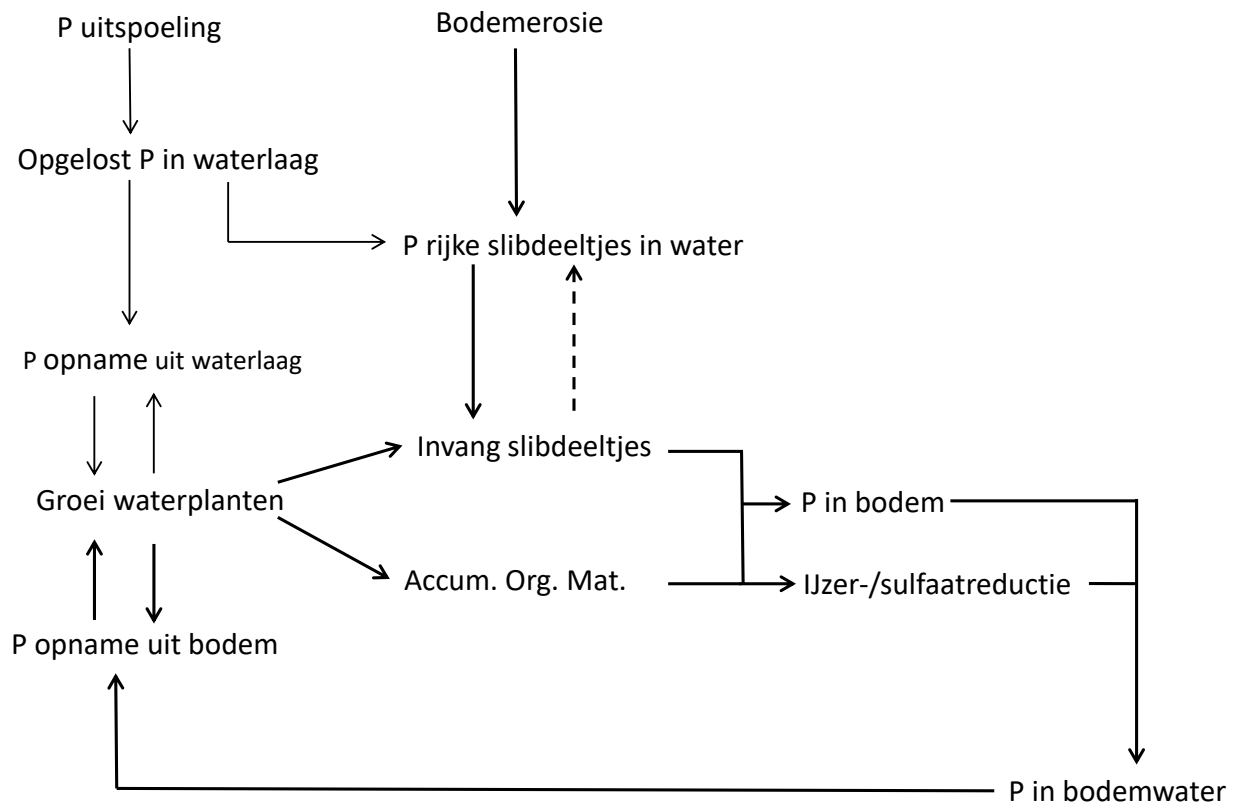
Het gemiddelde organischestofgehalte van de sliblaag bedraagt 7 %. Dit betekent dat de sliblaag overwegend mineraal is. De inspoeling van bodemdeeltjes uit de omgeving speelt waarschijnlijk een belangrijke rol voor de voedselrijkdom van het slib in de beken. Fijnere bodemdeeltjes (lutumdeeltjes) zijn relatief rijk aan geoxideerd (driewaardig) ijzer en ook aan fosfor dat aan deze bodemdeeltjes geadsorbeerd is. Het fosforgehalte kan hoog zijn wanneer de ingespoelde deeltjes afkomstig zijn van landbouwbodems.

Nadat deze bodemdeeltjes in de beek terecht komen en bezinken, vormen ze een sliblaag die in principe anaeroob is. Reactief organisch materiaal kan in deze sliblaag worden afgebroken, waarbij driewaardig ijzer als alternatieve elektronenacceptor wordt gebruikt. Hierbij komt ijzer vrij als gereduceerd tweewaardig ijzer dat relatief goed oplosbaar is, en ook fosfaat dat aan het driewaardig ijzer was gebonden. De fosfaatconcentratie in het poriewater stijgt, waardoor wortelende waterplanten beter kunnen groeien. Waterplanten zorgen er weer voor dat er meer fijne (P-rijke) slibdeeltjes worden ingevangen die vervolgens in de bodem terecht komen. De planten zorgen er ook voor dat er meer dood reactief organisch materiaal in de bodem terecht komt, waardoor er ook weer reductie van ijzer kan plaatsvinden. Hierdoor komen niet alleen het fosfaat en het stikstof uit het organische materiaal vrij, maar wordt ook het fosfaat vrijgemaakt dat aan de ijzercomplexen is gebonden. Naarmate de sliblaag dikker en voedselrijker wordt, kunnen waterplanten beter groeien en vangen ze ook weer meer slib in. Op deze wijze ontstaat er een positieve terugkoppeling, waarbij de bodem steeds voedselrijker wordt en de waterplantenbiomassa toeneemt (zie afbeelding 5).

De meest P-rijke bodems liggen in gebieden met een rivierkleibodem. Het ligt voor de hand dat er hier ook fijner bodemmateriaal aanwezig is. Waarschijnlijk wordt de ontwikkeling van waterplanten vooral bepaald door de hoeveelheid nutriëntrijke slibdeeltjes en de specifieke locatie in de beek (relatieve luwte, lage stroomsnelheid) (afbeelding 5). Nutriëntrijke slibdeeltjes kunnen van buiten af in de beek terecht komen door erosie van omliggende (landbouw)gronden [7], [8] of via een belasting via RWZI's. Daarnaast kunnen fosfaatrijke slibdeeltjes ook ontstaan doordat fosfaat uit de waterlaag preferent adsorbeert aan de fijnere slibdeeltjes in het beekstelsel en door de vorming van organische stof op locaties waar veel waterplanten groeien.

Opvallend is dat de totaal-P-concentratie van de waterlaag omgekeerd gecorreleerd lijkt te zijn met de P-concentratie van de sliblaag en ook met de totale bedekking van waterplanten. De P-concentratie van de sliblaag laat verder geen enkele relatie zien met de P-concentratie van de

onderliggende vaste onderwaterbodem (figuur 6). De totaal-P-concentratie van het beekwater wordt waarschijnlijk bepaald door fijne slibdeeltjes die in suspensie zijn in het water.



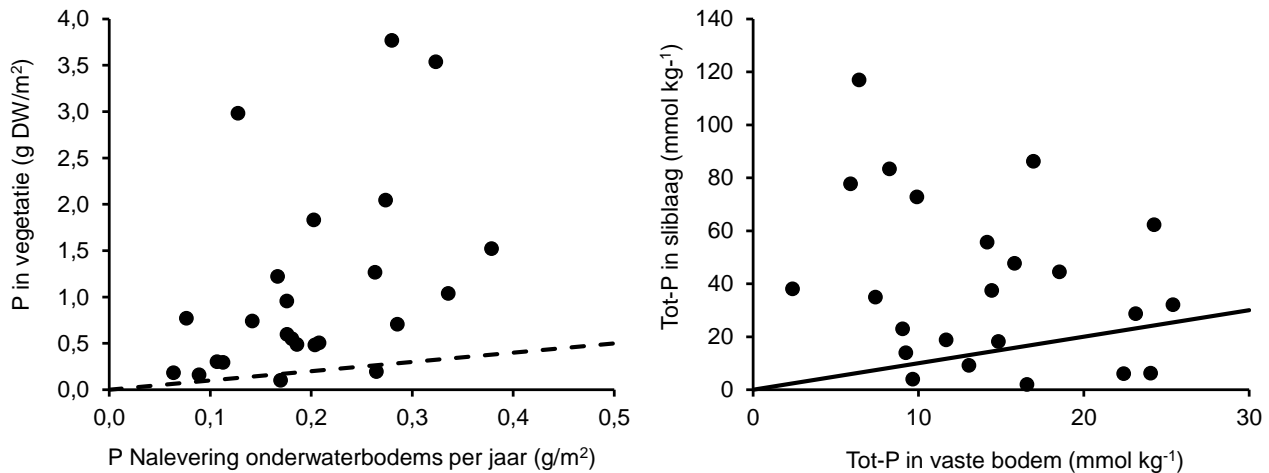
Afbeelding 5. Terugkoppelingen tussen belasting oppervlaktewater, erosie en groei van waterplanten

### Strategieën tegen voedselrijke waterbodems (wat kunnen waterbeheerders doen?)

De sliblagen zijn zeer ijzerrijk en de Fe:P-ratio in het poriëvocht van het slib is hoog. Dit houdt in dat er geen risico is op nalevering van P naar de waterlaag zolang de waterlaag zuurstofhoudend is, omdat in dat geval de ijzerval in de toplaag van de bodem goed werkt [9], [10]. De (berekende) P-nalevering is lager dan 1 mg/m<sup>2</sup>/dag en zal waarschijnlijk alleen onder anaerobe condities in de waterlaag optreden. Zolang de waterlaag meer dan 5 mg/L zuurstof bevat zal er door de meeste in dit onderzoek onderzochte onderwaterbodems zeer waarschijnlijk nauwelijks nalevering van fosfor plaatsvinden. Daarbij komt nog dat dichte waterplantenvegetaties, zolang de waterplanten groeien, veel nutriënten vastleggen. Wanneer de vegetaties aan het einde van het groeiseizoen beginnen af te sterven kunnen de planten echter wel nutriënten lekken naar de waterlaag [11]. Daarnaast kan door de afbraak van organisch materiaal ook de waterlaag boven de onderwaterbodem zuurstofarm worden, waardoor de nalevering van nutriënten vanuit de onderwaterbodem toeneemt. Hierdoor kan er in de beken bij een zeer laag debiet een ontwikkeling van FLAB (draadalgen) en/of kroosdekjes optreden in de nazomer.

Waterplantenvegetaties kunnen dus ook als een nutriëntenpomp tussen de onderwaterbodem en de waterlaag werken [2]. De totale hoeveelheid fosfor per vierkante meter geoogste plantenbiomassa was gecorreleerd met de fosforconcentratie van het poriëwater. Vergeleken met de berekende nalevering naar de waterlaag aan de hand van de baggernutformule [12], zijn de hoeveelheden P die per vierkante meter in de waterplantenbiomassa's accumuleren vele malen hoger (zie afbeelding 6). Dit betekent dus dat de planten lokaal veel fosfor vastleggen gedurende het groeiseizoen. Hierbij

moet bovendien worden opgemerkt dat op een aantal locaties de vegetatie meerdere malen per jaar wordt gemaaid. Hiermee is in de berekening nog geen rekening gehouden. Voor boerenloten in de Lopikerwaard is de totale belasting van een poldersloot gemeten. Daarnaast is gemeten hoeveel fosfor er in de waterplantenbiomassa terecht kwam [12]. Ook hier was Smalle waterpest de dominante plantensoort en uiteindelijk kwam naar schatting 50 tot 70 procent van de totale P-influx in het systeem in de waterplantenbiomassa terecht.



Afbeelding 6. Links: de P-nalevering uit de onderwaterbodems uitgezet tegen de concentratie P in de vegetatie. De lijnen geven de 1-op-1-lijn waaruit blijkt dat er veel meer P in de planten wordt vastgelegd (op jaarbasis) dan er wordt nageleverd uit de bodem. Rechts: de relatie tussen het P-gehalte van de silblaag en het P-gehalte van de vaste beekbodem

Door het maaien en verwijderen van de waterplantenvegetatie kan dus aardig wat fosfor (en stikstof) worden verwijderd. Voor fosfor gaat het om enkele grammen per vierkante meter. Om te voorkomen dat een deel van de nutriënten uiteindelijk weer in de beek terecht komt, is het natuurlijk beter om de verwijderde biomassa niet direct op de oevers van de beek te laten liggen.

In vergelijking met de enkele grammen per vierkante meter die er via het oogsten van de waterplanten kan worden verwijderd, bedraagt de totale fosforvoorraad van de silblaag voor de voedselrijkere locaties enkele honderden grammen per vierkante meter. Het fosforgehalte van de vaste waterbodems is meestal (veel) lager dan het fosforgehalte van de silblaag (afbeelding 6). Ook bevatte de silblaag in het algemeen een hogere concentratie fosfor in het porievocht dan de onderliggende vaste bodem. Het verwijderen van de voedselrijke silblaag zou dus kunnen bijdragen aan een lagere bedekking van woekerende waterplanten.

Uiteraard zal baggeren, zonder het nemen van bronmaatregelen, slechts tijdelijk een positief effect hebben. Bronmaatregelen die er voor zorgen dat er minder belasting van het oppervlaktewater plaatsvindt via RWZI's, maar waarschijnlijk vooral ook met voedselrijke bodemdeeltjes die via erosie in de beek terecht komen, kunnen in belangrijke mate bijdragen aan een voedselarme(re) bodem. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de aanleg van bufferstroken tussen de akkers en de beken.

Een hogere stroomsnelheid kan de accumulatie van fijnere, voedselrijkere slib- en bodemdeeltjes voorkomen. In theorie komt het slib in beweging bij een stroomsnelheid van 40 cm/s of hoger. Hierbij wordt overigens ook de vestiging van waterplanten bemoeilijkt, met uitzondering van doelsoorten kenmerkend voor stromend water. Dat hoeft niet noodzakelijkerwijs tegelijkertijd het geval te zijn. Verwijdering van slib kan plaatsvinden tijdens hoge stroomsnelheden in de winter,



terwijl vestiging en groei in het groeiseizoen plaatsvindt. De stroomsnelheid kan worden verhoogd door het profiel smal te houden. In het (recente) verleden zijn beken echter juist verbreed en verdiept om wateroverlast bij piekafvoeren te voorkomen.

### Uitsmijter

Waterschappen hebben in het verleden hun watergangen steeds breder en dieper gemaakt om overstromingen koste wat kost te voorkomen. De stroomsnelheden zijn hierdoor flink gedaald. Het was al langer duidelijk dat dit ten koste is gegaan van de diversiteit aan macrofauna en vis. Deze studie heeft laten zien dat een dergelijke inrichting ook een aanmerkelijke directe kostenpost voor de waterschappen kan betekenen omdat het, via slibophoping, ook zorgt voor hoge onderhoudskosten. Het zou interessant zijn om met dit gegeven in het achterhoofd nog eens opnieuw te kijken naar de kosten van incidentele overstromingen als gevolg van smallere beekprofielen.

### Referenties

1. Bloemendaal, F. & Roelofs, J. (1988). Eutrofiëring en oligotrofiëring. In: F. Bloemendaal en J. Roelofs: *Waterplanten en waterkwaliteit*. KNNV, pag. 139-145.
2. Lamers, L., Schep S., Geurts J. & Smolders, A. (2012). Erfenis fosfaatrijk verleden: helder water met woekerende waterplanten. *H<sub>2</sub>O* 2012 (13): 33-34.
3. Boedeltje, G., Lenssen, J. & Gerritsen, R. (2015). Sleutelfactoren voor waterplanten in wateren van de Gelderse Vallei, Veluwe, Achterhoek en Liemers. *H<sub>2</sub>O-online*, 27 mei 2015.
4. Best, E. P. H., Woltman, H. & Jacobs, F.H.H. (1996), Sediment-related growth limitation of *Elodea nuttallii* as indicated by a fertilization experiment. *Freshwater Biology* 36: 33-44.
5. Eugelink, A. (1998). Phosphorus uptake and active growth of *Elodea Canadensis* Michx. and *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John. *Water Science and Technology* 37 (3): 59-65.
6. Chambers P. A., Prepas, E. E., Bothwell, M. L. & Hamilton H. R. (1989). Roots versus Shoots in Nutrient Uptake by Aquatic Macrophytes in Flowing Waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46:435-439.
7. Brown, A. G., (1997). *Geoarchaeology: floodplain archeology and environmental change*. Cambridge University Press, Cambridge.
8. Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 13268–13272.
9. Geurts, J. J. M. et al. (2010). The interaction between decomposition, N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. *Water Research* 44: 3487-3495.
10. Smolders, A., Diggelen, J. van, Roelofs, J., Lucassen, E., Geurts, J. & Lamers, L. (2013). Waterkwaliteit in het veenweidegebied: de complexe interacties tussen oever, waterbodembodem en oppervlaktewater. *Landschap* 3: 145-153.
11. Smolders, A., Broek, T. van de, Lucassen, E. & Spanjers, B. (2012). Monitoring proefsloten Lopikerwaard: hoe werkt een boerensloot in het veenweidegebied? *H<sub>2</sub>O* 2012 (17): 30-32.
12. Poelen, M.D.M. et al. (2012). WaterBODEMbeheer in Nederland: Maatregelen Baggeren en Nutriënten (BAGGERNUT) -Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie (MIND-BAGGERNUT) Eindrapportage 2012. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapport 2012-18.