

FLEXIBEL PEIL, VAN DENKEN NAAR DOEN

EFFECTEN VAN WATERPEILFLUCTUATIE OP VEGETATIE



BIJLAGE

2012
41

Effecten van waterpeilfluctuatie op vegetatie



J.M. Sarneel, B. Hidding, C. van Leeuwen, G.F. Veen, J. van Paassen, N. Huig en E.S. Bakker

Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW)



Colofon

Effecten van waterpeilfluctuatie op vegetatie

J.M. Sarneel, B. Hidding, C. van Leeuwen, G.F. Veen, J. van Paassen, N. Huig en E.S. Bakker

Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW)
Afdeling Aquatische Ecologie
Droevendaalsesteeg 10
6708 PB Wageningen
0317-473400

Contact persoon: l.bakker@nioo.knaw.nl

Rapportage werkzaamheden Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW) in het kader van het project "Flexibel peil: van denken naar doen" 2010-2012.

Resultaten van het gehele onderzoek staan vermeld in het rapport STOWA. Hoofdrapport Flexibel peilbeheer. 2012.

Vorkant: een veldje Zwanenbloemen in de Groene Jonker bij Zevenhoven, één van de studiegebieden.

Fotoverantwoording: alle foto's zijn van de auteurs.

Citeren als: J.M. Sarneel, B. Hidding, C. van Leeuwen, G.F. Veen, J. van Paassen, N. Huig en E.S. Bakker (2012) Effecten van waterpeilfluctuatie op vegetatie. Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW).



Inhoudsopgave

Samenvatting	p. 4
Introductie	p. 6
1. Effecten van flexibel peil op kieming en vestiging van water- en oeverplanten	p. 9
1.1. Kieming	p. 9
1.2 Kiemingsexperiment onder gecontroleerde omstandigheden	p. 10
1.3 Veld experiment	p.15
1.4 Conclusie kieming en vestiging	p.17
2. Effecten van flexibel peil op plantengroei	p.18
2.1 Groei van kraggevormende soorten	p.18
2.2 Groei en uitbreiding van oeverplanten in het veld	p.23
2.3 Kiemplantengroei en waterpeil	p.25
2.4 Conclusies groei	p.26
3. Effecten van flexibel peil op de vegetatiesamenstelling en EKR scores	p.27
3.1 Conclusies vegetatie samenstelling	p.30
4. Mogelijke bedreigingen voor succesvol peilbeheer	p.31
4.1 Bagger	p.31
4.2 Herbivorie	p.32
4.3 Conclusies bedreigingen	p.36
5. Discussie	p.37
6. Literatuur	p.41
Bijlage 1. Gebruikte literatuur in de literatuur studie Hoofdstuk 1.1	p.44
Bijlage 2. Kaarten van vegetatie raaien	p.46
Bijlage 3. Omgevingsvariabelen Hoofdstuk 3	p.57

Samenvatting

In deze studie zijn de effecten van waterpeil fluctuaties onderzocht op de vegetatie ontwikkeling aan oevers. Verschillende fasen van vegetatie ontwikkeling zijn onderzocht: de aanspoeling van zaden, kieming, vestiging uit stekjes en uitbreiding van oevervegetatie door klonale groei.

1. Effect van flexibel peil op dispersie, kieming en vestiging van waterplanten

Vestiging uit zaden. Dispersie, kieming en vestiging van waterplanten zijn belangrijke processen waardoor vegetatieveranderingen tot stand kunnen komen onder invloed van flexibel peil. Dit is met behulp van een veld experiment en een experiment onder gecontroleerde omstandigheden in proefvijvers onderzocht. Het blijkt dat zaden van oeverplanten in het algemeen het beste kiemen als de grond nat is, maar niet onder water staat. Meer zaden spoelen aan op de oever bij flexibel peil dan bij vast peil wat leidt tot grotere aantallen kiemplanten en een hogere diversiteit. Meer zaden uit de zaadbank kiemen bij afzakkend peil dan bij vast peil, maar alleen bij een geleidelijke oever. Als de oever steil is, is er geen verschil in kiemingssucces tussen flexibel en vast peil. De hoeveelheid kiemplanten is direct gerelateerd aan het oppervlak droogvallende grond. In het veld is kieming optimaal op net droogvallende grond met genoeg licht om te kiemen, maar niet zoveel dat de grond uitdroogt.

Vestiging uit stekjes. Naast zaden, kunnen veel waterplanten zich klonaal verspreiden via stekjes. Door stekjes van twee testplanten in de tien studiegebieden te planten kon worden getest hoe peilbeheer en abiotische omstandigheden de vestigingskansen en groei van stekjes van een helofyt en een drijvende waterplant beïnvloedden. Stekjes van de testplant Riet vestigden zich het beste in water minder dan 30 cm diep, en groeiden beter bij toenemende peilfluctuaties en hogere voedselrijkdom van het water. De testplant Krabbenscheer vestigde zich in alle tien de studiegebieden en groeide goed, onafhankelijk van waterdiepte, peilfluctuatie en abiotische omstandigheden.

2. Effect van flexibel peil op verlanding

Uitbreiding van oevervegetatie. Als begrazing was uitgesloten, vond in elk van de tien studiegebieden in 2 jaar tijd verlanding plaats in de vorm van uitbreiding van helofyten het water in. Vaak was de uitbreidende vegetatie sterk gedomineerd door 1 plantensoort. Per locatie wisselde het welke soort dominant was in de uitbreiding van de oever het water in. Vaak was het Grote egelskop, zoals in Loenderveen, soms Grote lisdodde zoals in het Naardermeer, maar ook de kruiden Moerasandoorn en Moerasvergeet-me-nietje in De Ronde Hoep zorgden voor sterke verlanding. De toename in bedekking was met ongeveer 40% van het oppervlak van de exclusures het grootst in Loenderveen en de Groene Jonker. De hoeveelheid uitbreiding van oeverplanten het water in was gerelateerd aan waterdiepte: hoe ondieper, hoe sneller het gaat.

Remmend effect van grazers. Begrazing heeft mogelijk effect op de verlanding en zou het effect van flexibel peil teniet kunnen doen. Door exclusures te plaatsen sloten we de grotere grazers vee, watervogels, vissen en muskusratten uit. Door de uitbreiding van de planten binnen en buiten de exclusures te vergelijken konden we bepalen wat het effect van de grazers was. Van de buitenste stengels in de rietkraag was 10 tot 70% begraasd. Deze graasdruk wordt veroorzaakt door watervogels. De uitbreiding van de oevervegetatie verminderde door begrazing gemiddeld 0.5 m in 2011 en 1.3 m in 2012. In de Groene Jonker en de Ronde Hoep was de uitbreiding zelfs 3.3 m en 2.8 m minder in de begraasde plots vergeleken met de exclusures in het tweede jaar van de proef. Begrazing remde de uitbreiding in alle gebieden, zowel in gebieden waar vee graasde, als in gebieden met alleen aquatische grazers. Het gevolg was dat de verlanding door oevervegetatie gemiddeld stilstond: de rand van de rietkraag en andere oeverplanten schoof niet op bij vergelijk tussen 2011 en 2012. In Loenderveen nam de oevervegetatie zelfs af onder begrazing. In de Nieuwe Keverdijkse

Polder nam de oeervegetatie wat toe in de aanwezigheid van grazers. De uitbreiding van de oeervegetatie was negatief gerelateerd aan de dichtheid van muskusratten: hoe meer muskusratten, hoe minder uitbreiding.

3. Effect van flexibel peil op soortensamenstelling oever- en waterplanten

Effect van omgevingsvariabelen. De soortensamenstelling van de oever- en waterplanten in de studiegebieden werd voornamelijk bepaald door het type waterlichaam (sloot, petgat of meer) en abiotische parameters zoals pH en ijzergehalte en hoeveelheid organische stof in de bodem. Een effect van flexibel peil was niet vast te stellen binnen de 2 jaar van de studie; waarschijnlijk heeft de soortensamenstelling langer nodig om te reageren op waterpeilveranderingen.

Effect van baggervorming. De vorming van bagger zou de effecten van flexibel peil mogelijk te niet kunnen doen: een dikke baggerlaag zal de lichtbeschikbaarheid waarschijnlijk zeer beperken en daarmee planten groei remmen, met of zonder flexibel peil. Door technische beperkingen kon de proef naar de effecten van bagger in de Ronde Hoep geen nieuw licht hierop werpen.

4. Wat is het verwachte effect van flexibel peil op de ecologische toestand en EKR score?

De EKR score van de oever- en waterplanten was niet zo goed: het slechtste was de uitgangssituatie in de Middelpolder, het beste in de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven. Het effect van flexibel peil op de vegetatiesamenstelling en EKR kan het beste bepaald worden door over enkele jaren nogmaals de vegetatie op te nemen. Het kan enige tijd duren voordat de soortensamenstelling reageert op het ingestelde flexibele peil, wat waarschijnlijk niet binnen de 2 jaar van dit project waarneembaar is. Op korte termijn is uitzakkend peil goed voor de vestiging van planten uit zaad, echter op langere termijn hangt veel af van de mate van verruiging van de oever wat het netto effect op soortenrijkdom en daarmee op de EKR score, zal zijn. Uit de studie van de relatie flexibel peil en vegetatie blijkt dat waterdiepte een belangrijke parameter is, wat bepaald wordt door flexibel peil en de oevermorfologie. De EKR score over alle gebieden was negatief gecorreleerd met waterdiepte: hoe ondieper, hoe hoger de score. Een positief effect van flexibel peil op de uitbreiding van oeverplanten door geringere waterdiepte kan bijdragen aan een hogere EKR score.

Conclusies

Uit ons onderzoek blijkt dat flexibel peil in de vorm van zakkend peil in de zomer positieve effecten kan hebben op de ontwikkeling van de oever- en waterplanten vegetatie. Uiteindelijk zal dit effect ook afhangen van de effecten van het peilregime op de waterkwaliteit en hydrologie aangezien beide belangrijk zijn voor de lange termijn ontwikkeling van de vegetatie. Meer hierover is te lezen in deelrapport van B-WARE (B-WARE. 2012. Interne bodem-processen en waterkwaliteit, Smolders et al. 2012) en de deelrapporten van Deltares (Deltares. Hydrologie. 2012, Borren et al. 2012). Door de korte looptijd van dit project (2 jaar) zijn verschuivingen in de vegetatiesamenstelling als gevolg van het instellen van flexibel peil nog niet goed vast te leggen. Vervolgmonitoring in de studiegebieden waar nu flexibel peil is ingesteld zal moeten laten zien wat de langere termijn effecten van flexibel peil op de vegetatie ontwikkeling en samenstelling zijn.

Introductie

Zowel in natuurlijke als door de mens beheerste watersystemen is sprake van doorstromings- en peildynamiek. Deze dynamiek wordt veroorzaakt door factoren zoals regenval en verdamping, lokale omstandigheden en afvoer dan wel opslagcapaciteit. Dynamiek in watersystemen is in belangrijke mate sturend voor de ontwikkeling van flora en fauna, hoewel gedetailleerde kennis over precieze effecten van waterpeil nog vaak ontbreekt (Greet et al. 2011). Ten eerste zal de peildynamiek allerlei veranderingen in het groei milieu van planten veroorzaken zoals in het vocht- en zuurstofgehalte in de bodem, de pH en microbiële activiteit (Birch 1958). Omdat niet alle water- en oever planten even goed zijn aangepast aan zo'n wisselend milieu zullen veranderingen in de peildynamiek gevolgen hebben voor de ontwikkeling van (oever) vegetatie. Ten tweede zijn peildynamiek en waterbewegingen van belang voor de verplaatsing van zaden, kleine waterorganismen en andere verspreidseenheden (diasporen) (Van de Meutter et al. 2006, Nilsson et al. 2010, Sarneel and Soons 2012). Het is waarschijnlijk dat beide effecten van waterpeil (op groeiomstandigheden en vestigingskansen) de plantensamenstelling op oever en in het water zullen beïnvloeden. Omdat de meeste systemen van nature gekenmerkt worden door peildynamiek, zou het ontbreken van peildynamiek een negatief effect kunnen hebben op de diversiteit en het functioneren van oeverssystemen (Van der Putten 1997, Jansson et al. 2005).

Het instellen van een flexibel peil is daarom een van de voorgestelde maatregelen binnen de Kader Richtlijn Water, met het doel om plantendiversiteit, de breedte van de oeverzone en daarmee habitatbeschikbaarheid voor andere organismen en het ecologisch functioneren van oevers te optimaliseren. Echter, er bestaan nog veel kennishiaten met betrekking tot de effecten van peil op oevervegetatie ontwikkeling en diversiteit.

Dit rapport bevat een set van experimenten die de gevolgen van een flexibel peil op zowel de groei- als vestigingsomstandigheden onderzoekt. Omdat kieming en vestiging een belangrijke rol spelen in het veranderingen in de vegetatiesamenstelling, en omdat de effecten van veranderde groeicondities vooral op langere termijn spelen (>2 jaar) heeft de nadruk van het onderzoek gelegen op de relatie tussen peil en vestigingskansen van oeverplanten.

Flexibel peil en vestiging

Op basis van kasexperimenten wordt verwacht dat een flexibel peil beheer een positief effect heeft op de kieming van water- en oeverplanten. De meeste kieming vindt namelijk plaats als het substraat niet permanent droog ligt maar ook niet permanent onder water staat (e.g. Casanova and Brock 2000, Moravcová et al. 2001, Baskin et al. 2002). Een flexibel peilregime kan er voor zorgen dat op meerdere momenten op verschillende plaatsen in de oeverzone geschikte kiemcondities voorkomen. Door een flexibel peil zal er een bredere gradiënt in de oeverzone ontstaan waar planten in ondiep water of boven water, maar in natte bodem, kunnen vestigen (Fig. 1). Naar verwachting biedt dit meer kansen voor kieming en vestiging van oever- en waterplanten dan een vast peilregime, waar de zone met optimale vestigingscondities maar heel erg smal is. Dit zou een goede verklaring kunnen leveren voor resultaten uit veldstudies, die hebben gevonden dat onder een meer natuurlijk peilbeheer diversiteit van oevers toeneemt (e.g. Coops et al. 2004, Raulings et al. 2010). Echter, uit deze veldstudies is nog wel onduidelijk door welke mechanismen deze patronen ontstaan, en in het veld zijn vaak veel meer factoren van invloed die ook een verschil in diversiteit zouden kunnen verklaren. De vraag blijft dus of en hoe experimentele kas experimenten naar kieming direct vertaald kunnen worden naar diversiteits patronen in het veld.

Een additionele maatregel die ook vaak genomen wordt met als doel de oevervegetatie te stimuleren is de aanleg van 'natuur(vriende)lijke' oevers. Deze afgeschuinde oevers, die vaak ontdaan zijn van een nutriëntenrijke toplaag zouden een plaats kunnen bieden voor de vestiging van vegetaties met een hoge diversiteit. Tot nu toe is het echter nog niet aangetoond of dit daadwerkelijk zo is en welke

mechanismen daaraan ten grondslag liggen. Namelijk, de bredere gradiënt van droog naar nat die ontstaat bij flexibel peilbeheer heeft mogelijk niet alleen invloed op kiemcondities voor zaden, maar ook op de afzetting van zaden op de oever (Nilsson et al. 2010). Zaden die via het water verspreid worden, worden naar verwachting bij flexibel peil op meerdere hoogtes van de oever afgezet. Bij hoog peil in de winter en uitzakkend peil in het voorjaar, ontstaan er vervolgens gunstige plaatsen om te kiemen (Fig. 2). Bij vast peil worden alle zaden naar verwachting in dezelfde smalle zone afgezet, waar ze ook kiemen. Uit onderzoek blijkt dat ze vervolgens vaak wegspoelen door golfwerking (Sarneel and Soons 2012).



Figuur 1. Door uitzakkend waterpeil in de zomer ontstaat er een brede zone met ondiep water, waar oever- en waterplanten zich kunnen vestigen of uitbreiden. Op de foto het Naardermeer (vak 4), met klonale uitbreiding van Riet en vestiging van Waterscheerling (links) en Smalle lisdodde (rechtsvoor).

Flexibel peil en plantengroei en uitbreiding

Niet alleen de vestiging van nieuwe planten uit zaden kan door peil beheer gestimuleerd worden. Ook de uitbreiding van de al bestaande vegetatie en de diversiteit van deze vegetatie kan wordt verondersteld primair door water te worden bepaald (Leyer 2005). De uitbreiding van gevestigde oeverplanten het water in vormt een grote zorg voor het water- en natuurbeheer. Juist deze overgangszones tussen land en water herbergt een grote biodiversiteit, die elders in het landschap afwezig is (Sabo et al. 2005). De ontwikkeling van oevervegetatie via kragges tot trilvenen door kolonisatie van het water herbergt karakteristieke plantensoorten (Fig. 2), terwijl de groei van Riet en andere helofyten in het water een belangrijk biotoop vormt voor veel soorten moerasvogels en andere aquatische organismen (Naiman et al. 1993, Semlitsch and Bodie 2003, Dudgeon et al. 2006, Remsburg and Turner 2009). Echter, in Nederland, maar ook in grote delen van Noordwest Europa, stagneert de ontwikkeling van kragges en brede helofyten zones vrijwel volledig (Lamers et al. 2002, Sarneel et al. 2011). De bestaande kragges en helofyten zones in het water nemen af in oppervlakte,

een fenomeen dat bijvoorbeeld voor riet al decennia wordt waargenomen door heel Noordwest Europa (Van der Putten 1997, Beltman et al. 2008). De precieze oorzaak is nog steeds onduidelijk, en in het veld lastig te bepalen. Kraggevormende vegetaties komen tegenwoordig vooral voor in gebieden met lage nutriënten en sulfaat concentraties in oppervlakte water en bodem, daar waar de belangrijkste kraggevormende soorten zoals Krabbenscheer aanwezig zijn en bij een lage dichtheid muskusratten (Sarneel et al. 2011). Recent komt daar de vraat door Grauwe ganzen, die exponentieel toenemen in Noordwest Europa (Musil and Fuchs 1994, Fouque et al. 2007, van der Jeugd et al. 2009), als mogelijke oorzaak bij (Bakker et al. 2010, Dingemans et al. 2011). Dit geeft aan dat niet alleen fysieke groei condities de groei van oeverplanten beïnvloeden, maar dat meerdere factoren een rol spelen in de ontwikkeling van oever vegetaties. Flexibel peil zou een van de oplossingen kunnen zijn voor natuurbeheerders om natuurlijke variatie in waterniveau terug te krijgen en waardoor meer geschikte condities voor oevers met een hoge diversiteit kunnen ontstaan. Echter, het is mogelijk dat een van de boven genoemde factoren (bijvoorbeeld de effecten van begrazing) de oeverontwikkeling kan frustreren en zo de gunstige effecten van een flexibel peil te niet doen. Daarom zal dit rapport ook ingaan op de effecten van begrazing op oevervegetatie en de uitbreiding van oeverzones.

Onderzoek NIOO

Het onderzoek van het NIOO bestaat uit vier delen, die zich richten op de effecten van peil fluctuaties op oever- en waterplanten. Deze bestaan uit het effect van flexibel peil op (1) kieming en vestiging van oever- en waterplanten, (2) effecten op plantengroei, (3) effecten op vegetatiesamenstelling en uitbreiding van oeverplanten in het veld en (4) mogelijke bedreigingen (herbivorie en baggervorming) voor een positief effect van een flexibel peil op water- en oeverplanten. Deze vier onderdelen zullen apart van elkaar worden beschreven. De gevolgde methoden bestaan uit een combinatie van literatuur, veld, proefvijver en kasonderzoek. Al het veld onderzoek werd uitgevoerd in negen geselecteerde proefgebieden en in vak 4 van het Naardermeer (zie bijlage 2). De onderzoeksgebieden liggen in het werkgebied van Waternet tussen Utrecht en Amsterdam. Een omschrijving van de gebieden en de peilregimes is te vinden in: STOWA. Hoofdrapport Flexibel peilbeheer. 2012.

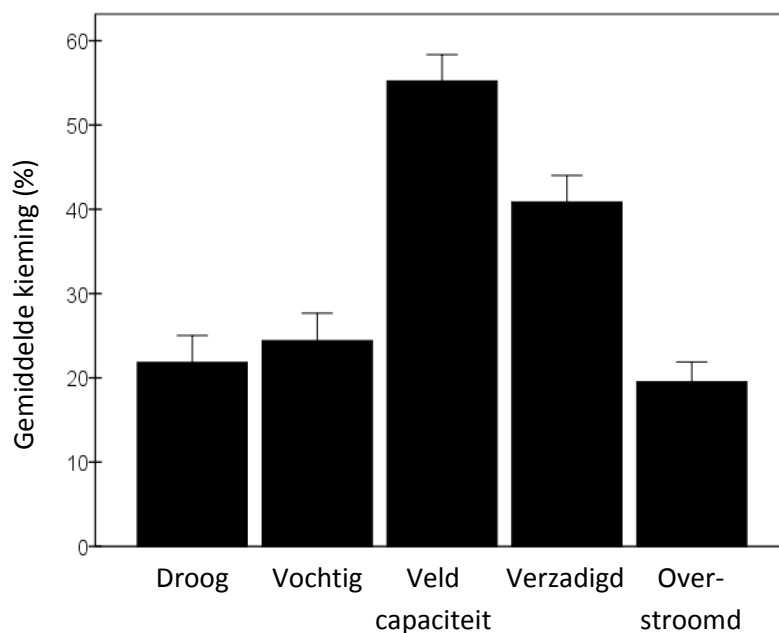


Figuur 2. Verschillende vormen van kolonisatie door oeverplanten. Kieming en vestiging (links, Groene Jonker) en klonale uitbreiding door uitlopers van Waterdrieblad (rechts, Westbroek).

1. Effecten van flexibel peil op kieming en vestiging van water- en oeverplanten

1.1 Kieming

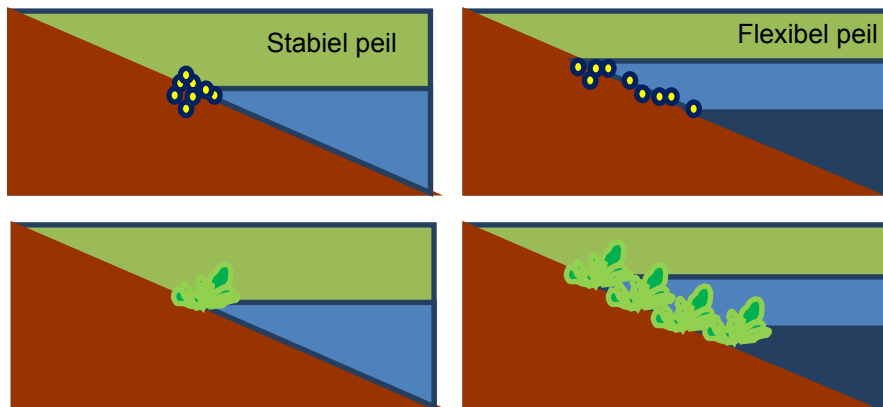
Kieming en vestiging zijn een belangrijke manier waarop vegetatieveranderingen tot stand kunnen komen. Echter, voordat een zaadje ergens kan gaan kiemen, moet het er eerst wel komen. Veel zaden van oeverplanten kunnen behoorlijk lang drijven en kunnen daarom goed via het water worden verspreid. Eerder onderzoek leert dat de windrichting bepaalt waar de zaden (en andere levensvatbare plantendelen) heendrijven (Soomers et al. 2010, Sarneel et al. in press). Veel studies hebben aangetoond dat water cruciaal is voor de kieming. Wanneer de gegevens uit al deze studies (voor details zie bijlage 1) op een rij wordt gezet blijkt dat te veel en te weinig water de kieming van vrijwel alle soorten sterk remt (Fig. 1.1). Het meest gunstig is wanneer de waterstand een klein stukje onder het maaiveld staat, maar wel zo hoog dat de bodem zelf verzadigd is (veld capaciteit).



Figuur 1.1. Resultaten literatuurstudie naar het effect van waterniveau op de kieming van water- en oeverplanten. De kiemingspercentages zijn de gemiddelden van ruim 300 soorten uit 44 experimenten naar de effecten van overstroming op kieming. Alle gerapporteerde vochtigheidsbehandelingen zijn geclassificeerd. Droog (waterniveau onder maaiveld, wekelijks water gegeven), Vochtig (dagelijks watergegeven), Veldcapaciteit (microporiën van de bodem verzadigd met water), Verzadigd (water op maaiveld), Overstroomd (water boven maaiveld).

Omdat waterbewegingen ook erg belangrijk zijn voor de verspreiding van zaden (Sarneel et al. in press) kan verwacht worden dat een flexibel peil directe en indirecte effecten heeft op de kieming. Direct, door het veranderen van de vochtigheid van de oever, en indirect, via de effecten van waterstand op de plek waar zaden aanspoelen (Fig. 1.2). De lengte van de droogvallende zone, waar de kieming voornamelijk kan plaatsvinden, hangt sterk af van de oevermorfologie: hoe steiler de oever, hoe korter de droogvallende gradiënt en hoe minder oppervlak beschikbaar is voor kieming.

Hierdoor is het goed mogelijk dat het effect van flexibel peil op de kieming afhangt van de steilheid van de oever. Dit heeft implicaties voor de vormgeving van natuurvriendelijke oevers. We hebben de relatie tussen peil wisselingen, oevermorfologie en kieming met behulp van een experiment onder gecontroleerde omstandigheden in proefvijvers onderzocht, en met een veld experiment in alle tien de studiegebieden.



Figuur 1.2. Veronderstelde effecten van flexibel peil op verspreiding, en het voorkomen van kiemplanten. Bij stabiel peil (de linkerpanels), is de waterstand het hele jaar hetzelfde. Drijvende zaden worden afgezet in een smalle zone rond of op de waterlijn (linksboven). Als deze zaden kiemen dan zal er een smalle gordel met veel kiemplanten ontstaan op de waterlijn (linksonder). Bij flexibel peil (de rechterpanels), staat het water in de winter hoog en zakt over de zomer uit, in de figuur aangegeven als het verschil tussen de donkerblauwe, lage, zomerwaterstand, en de lichtblauwe, hoge, voorjaarswaterstand. Drijvende zaden worden afgezet rond de waterlijn. Omdat de waterlijn zakt gedurende het voorjaar, worden de zaden over een brede zone afgezet (rechtsboven). Naarmate het water zakt, kiemen er meer zaden, waardoor over de tijd een brede zone van kiemplanten ontstaat (rechtsonder).

1.2 Kiemingsexperiment onder gecontroleerde omstandigheden

Om het effect van flexibel peil en oevermorfologie op de kieming van oeverplanten te onderzoeken hebben we twee complementaire experimenten uitgevoerd in onze proefvijvers. In het eerste experiment (het dispersie experiment) hebben we gericht gekeken naar het effect van flexibel peil op de kolonisatie van de oever door drijvende zaden. In het tweede experiment (het zaadbank experiment) hebben we gekeken hoe flexibel peil de kieming van soorten uit de zaadbank beïnvloedt, en of de oeversteilheid daarop van invloed was.

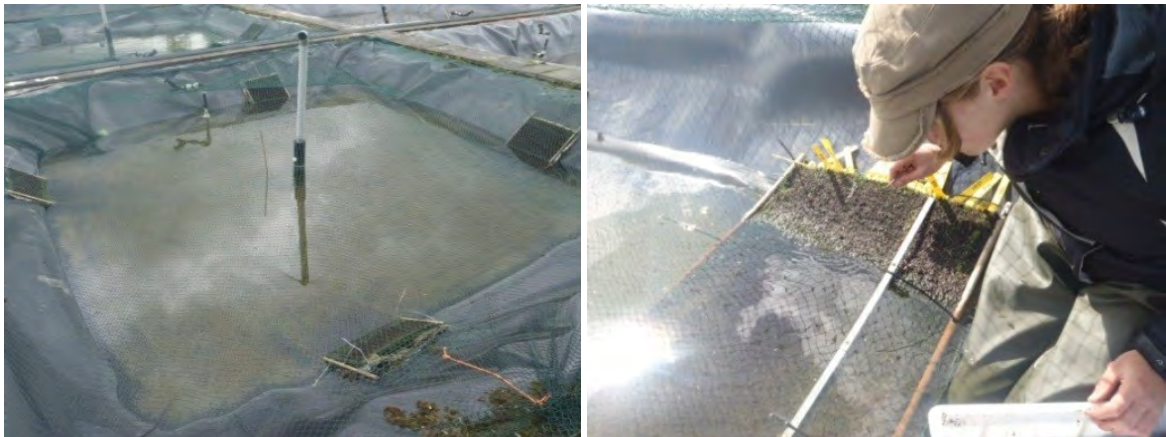
Met behulp van deze twee experimenten hebben we de volgende vraag onderzocht:
 Hebben flexibel peil en oevermorfologie effect op de kieming en soortenrijkdom van oeverplanten?

Methoden

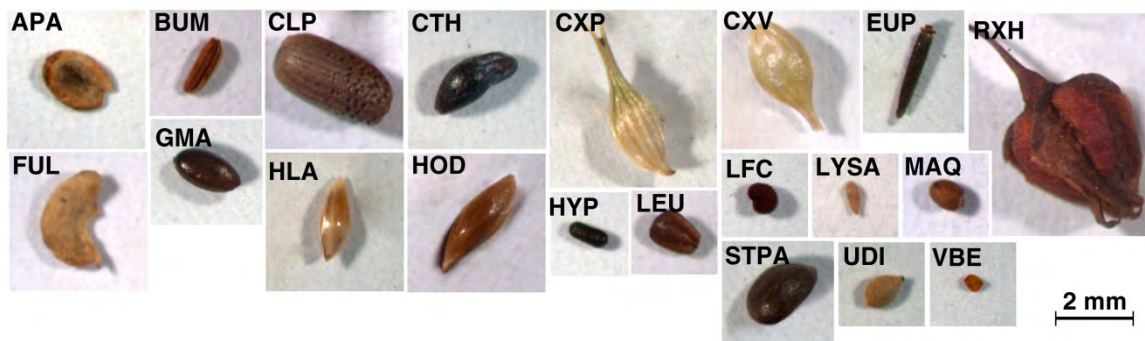
Voor het dispersie experiment werden 48 kunstgras zaadmatjes (90 cm lang x 50 cm breed) ieder gevuld met sediment (10 L potgrond zonder zaden) en in 12 proefvijvers gehangen, allemaal met een hoek van 45 graden met de waterspiegel en aan elke kant van de vijver één (Fig. 1.3). De proefvijvers zijn 5x5 m breed aan de bovenkant en 3x3 m op het sediment. De vijverdiepte is 0.5 m bij vast peil. De vijvers zijn gevuld met water uit de Waterleidingplas, wat gedefosfateerd (fosfaat waarden onder

detectiegrens) is en een hoog kalkgehalte heeft (pH 8.2). De proefvijvers liggen op het terrein van Waternet bij Loenen (52°12'N, 5°02'O). Zaden van 20 soorten oeverplanten met uiteenlopende eigenschappen (Fig. 1.4, Tabel 1.1) werden gebruikt in het experiment. De zaden komen uit natuurlijke oevervegetaties en zijn gekocht bij Biodivers BV, Reeuwijk. Van iedere soort werd 0.5 gram zaad (Tabel 1.1) in het water losgelaten op 17 april 2012 om door drijven en windverspreiding de matjes te koloniseren. In de helft van de proefvijvers werd over het seizoen het waterniveau constant gehouden (halverwege de hoogte van de matjes, 50 cm boven het sediment), terwijl in de andere 6 vijvers het peil hoog begon (5 tot 10 cm onder de bovenkant van de mat) en over de eerste 6 weken na het inzetten elke week 5 cm zakte, waardoor aan het eind van het experiment de onderkant van de mat was bereikt. Acht weken lang werd iedere week het aantal kiemplantjes geteld per mat, en na acht weken werden alle planten nogmaals geteld en op soortnaam gebracht voor zover herkenbaar in dit kiemstadium.

Voor het zaadbank experiment werden 24 kunstgras zaadmatjes (90 cm lang x 50 cm breed) ieder gevuld met sediment op dezelfde manier als voor het dispersie experiment. Zaden van dezelfde 20 verschillende oeverplanten werden gezaaid in het sediment, in dezelfde hoeveelheid als in het dispersie experiment. De zaden werden per soort in een rij gezaaid die van boven tot onderaan de mat liep. Zo werden 20 parallelle rijen zaden gezaaid met 1 rij per plantensoort (Fig. 1.3). De matjes werden op de zuidelijke oevers van 12 verschillende proefvijvers gehangen (2 per vijver) ter hoogte van de waterlijn. Per vijver werd één matje in een hoek van 30 graden met de waterspiegel gehangen (een geleidelijke oever) en de andere op 45 graden met de waterspiegel (een steile oever). De helft van de vijvers had een vast peil en de andere helft een flexibel peil, de regimes waren identiek aan die in het dispersie experiment. Iedere week werd het aantal kiemplanten per soort geteld en geogst om dubbel tellen te voorkomen. Tijdens beide experimenten werden de proefvijvers afgedekt met grofmazig net om de toegang voor vogels te verhinderen. Er zat geen vis in de vijvers.



Figuur 1.3. Links een proefvijver met 4 matjes voor het dispersie experiment (in een vijver met stabiel peil). Rechts een mat van het zaadbank experiment (in een vijver met flexibel peil), waarbij de gele labels de rijen zaden van de 20 gezaaide soorten aangeven.



Figuur 1.4. Foto's van de zaden van de soorten die gebruikt zijn in de experimenten. Voor afkortingen en meer informatie over de zaden zie Tabel 1.1.

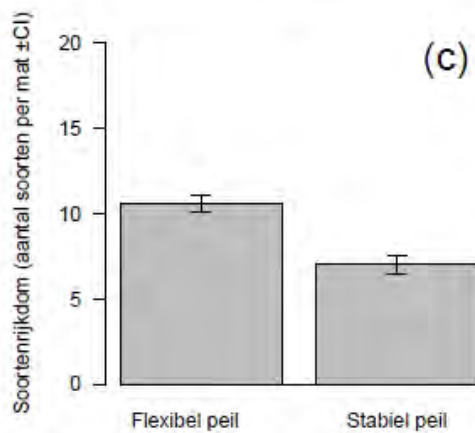
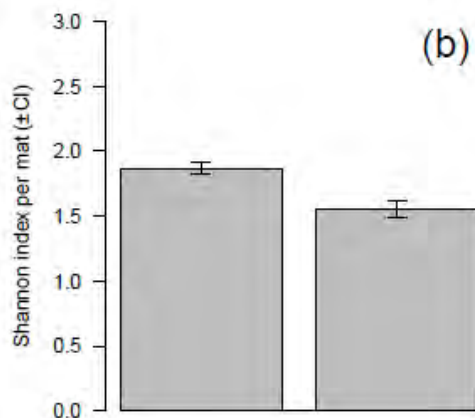
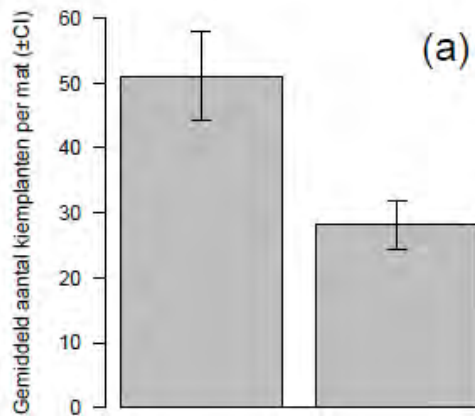
Resultaten

In het dispersie experiment kiemden meer zaden bij flexibel peil dan bij stabiel peil (Fig. 1.5a). Matjes onder flexibel peil regime hadden na acht weken niet alleen meer gekiemde planten, maar ook een hoger aantal soorten en een hogere diversiteit (Fig. 1.5b, c).

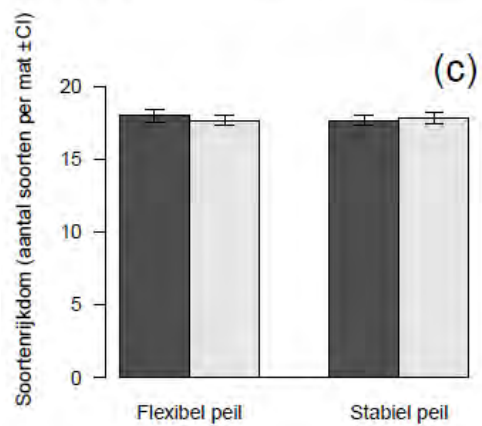
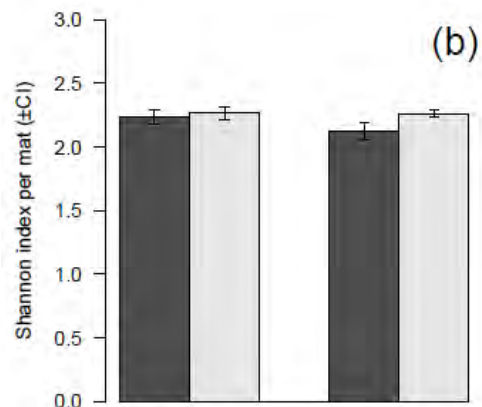
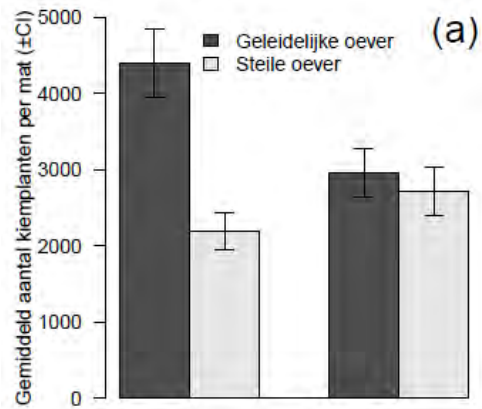
In het zaadbank experiment was het totaal aantal kiemplanten na acht weken hoger bij flexibel peil dan bij stabiel peil. Echter, dit effect was alleen zichtbaar voor de geleidelijke oevers (Fig. 1.6a). Bij de steile oevers was het aantal kiemplanten bij flexibel peil gelijk aan het aantal bij stabiel peil. Bij het flexibele peil werden op de geleidelijke oevers iets meer dan twee keer zoveel kiemplantjes gevonden dan op de steile oevers. Dit komt overeen met het verschil in oppervlak wat droogvalt bij flexibel peil: dit is twee keer zoveel voor de geleidelijke matjes in vergelijking met de steile matjes. De diversiteit (gemeten als Shannon index) en de soortenrijkdom (gemeten als aantal gekiemde soorten per matje) werden in het zaadbank experiment niet beïnvloed door waterpeil of oevermorfologie (Fig. 1.6b, c).

Tabel 1.1. De 20 water- en oeverplanten gebruikt voor het dispersie en kiemingsexperiment. In het dispersie experiment werd hetzelfde aantal zaden losgelaten als werd ingezaaid in de zaadbank proef. De Ellenbergwaarde (Ellenberg 1979) geeft de optimale vochtigheid aan van de standplaats van de volgroeide plant (hoe hoger hoe natter). Het drijfvermogen is weergegeven als het percentage van het aantal zaden dat na 6 weken nog drijft. De kiemkracht is het percentage zaden dat gekiemd is onder optimale vochtigheid (veldcapaciteit) in de kas (21 °C).

		Gewicht ingezaaid (g)	Aantal zaden ingezaaid	Ellenberg vocht waarde	Drijfvermogen (%)	Kiemkracht (%)
<i>Alisma plantago-aquatica</i> (APA)	Grote waterweegbree	0.55	2561	10	19	0
<i>Butomus umbellatus</i> (BUM)	Zwanenbloem	0.53	3129	10	53	0
<i>Calla palustris</i> (CLP)	Slangenwortel	1.06	323	9	10	36
<i>Carex pseudocyperus</i> (CXP)	Hoge cyperzegge	0.56	912	9	25	28
<i>Caltha palustris</i> (CTH)	Dotterbloem	0.53	969	9	48	4
<i>Carex vulpina</i> (CXV)	Voszegge	0.54	475	8	0	0
<i>Eupatorium cannabinum</i> (EUP)	Koninginnekruid	0.53	2338	7	10	44
<i>Filipendula ulmaria</i> (FUL)	Moerasspirea	0.55	1025	8	6	59.2
<i>Glyceria maxima</i> (GMA)	Liesgras	0.53	735	10	25	40.8
<i>Holcus lanatus</i> (HLA)	Gestreepte witbol	0.53	1415	6	10	94.8
<i>Hierochloe odorata</i> (HOD)	Veenreukgras	0.52	932	9	52	12.8
<i>Hypericum perforatum</i> (HYP)	st. Janskruid	0.53	5075	4	39	79.6
<i>Lycopus europaeus</i> (LEU)	Wolfspoot	0.52	2210	9	99	49.2
<i>Lychnis flos-cuculi</i> (LFC)	Echte koekoeksbloem	0.53	3703	7	29	57.2
<i>Lythrum salicaria</i> (LySa)	Grote kattenstaart	0.51	13080	8	67	52
<i>Mentha aquatica</i> (MAQ)	Watermunt	0.52	3137	9	99	66.8
<i>Rumex hidrolapathum</i> (RXH)	Waterzuring	0.50	114	10	88	34.8
<i>Stachys palustris</i> (StPa)	Moerasandoorn	0.52	749	7	47	15.6
<i>Urtica dioica</i> (UDI)	Grote brandnetel	0.54	4448	6	61	85.2
<i>Veronica beccabunga</i> (VBE)	Beekpunge	0.53	10690	10	11	89.6



Figuur 1.5. Resultaten van het dispersie experiment voor flexibel en stabiel peil. (a) Het gemiddeld aantal kiemplanten per mat (b) de diversiteit van de kiemplanten (Shannon index) per mat en (c) het aantal soorten per mat.



Figuur 1.6. De effecten van peilbeheer en oever morfologie op kieming vanuit een zaadbank. (a) Het gemiddeld aantal kiemplanten per mat (b) de diversiteit van de kiemplanten (Shannon index) per mat en (c) het aantal soorten per mat.

1.3 Veld experiment

In het veld is de kieming vaak erg laag. Onder gecontroleerde omstandigheden bleek het peil erg belangrijk voor hoeveel zaden kiemden. In het veld zijn er meer factoren, zoals de lichtbeschikbaarheid, waterkwaliteit en misschien ook predatie die de kieming zouden kunnen bepalen, waardoor de relatie met waterbeschikbaarheid mogelijk minder sterk wordt.

Met behulp van een veldexperiment hebben we de volgende vraag onderzocht:
Heeft flexibel peil effect op kieming van oeversoorten in het veld?

Methode

Kunstgras zaadmatjes (20 x 15 cm) werden gevuld met potgrond en zaden van 10 oeverplanten (50 per soort, gebruikte soorten: Grote kattenstaart, Grote lisdodde Grote waterweegbree, Harig wilgenroosje, Koninginnekruid, Moerasspirea, Pijlkruid, Riet, Watermunt, Wolfspoot). De zaden komen uit natuurlijke oevervegetaties en zijn gekocht bij Biodivers BV, Reeuwijk. De matjes werden op drie plekken neergelegd in de gradiënt van droog naar nat: op ongeveer de hoogste waterstand, laagste waterstand en gemiddelde waterstand (Fig. 1.7). Omdat de matjes ook zaden kunnen invangen die uit natuurlijke bron verspreid worden, werden ook matjes zonder zaden en alleen potgrond neergelegd om het aandeel vang van niet-gezaaide zaden te bepalen. De matjes werden in de tien studiegebieden, die verschillen in peilregime, neergelegd. Per gebied werden 5 sets van 6 matjes (3 met en 3 zonder zaden) neergelegd tijdens de eerste weken van april 2011. In mei, juni, juli en augustus werd het aantal kiemplanten op de matjes geteld. Met behulp van de door Waternet en Deltares gemeten fluctuaties in het oppervlakte water is berekend 1) hoe lang elke mat overstroomd is geweest, 2) hoe vaak elke mat overstroomd werd en 3) wat de gemiddelde waterdiepte was op de mat.



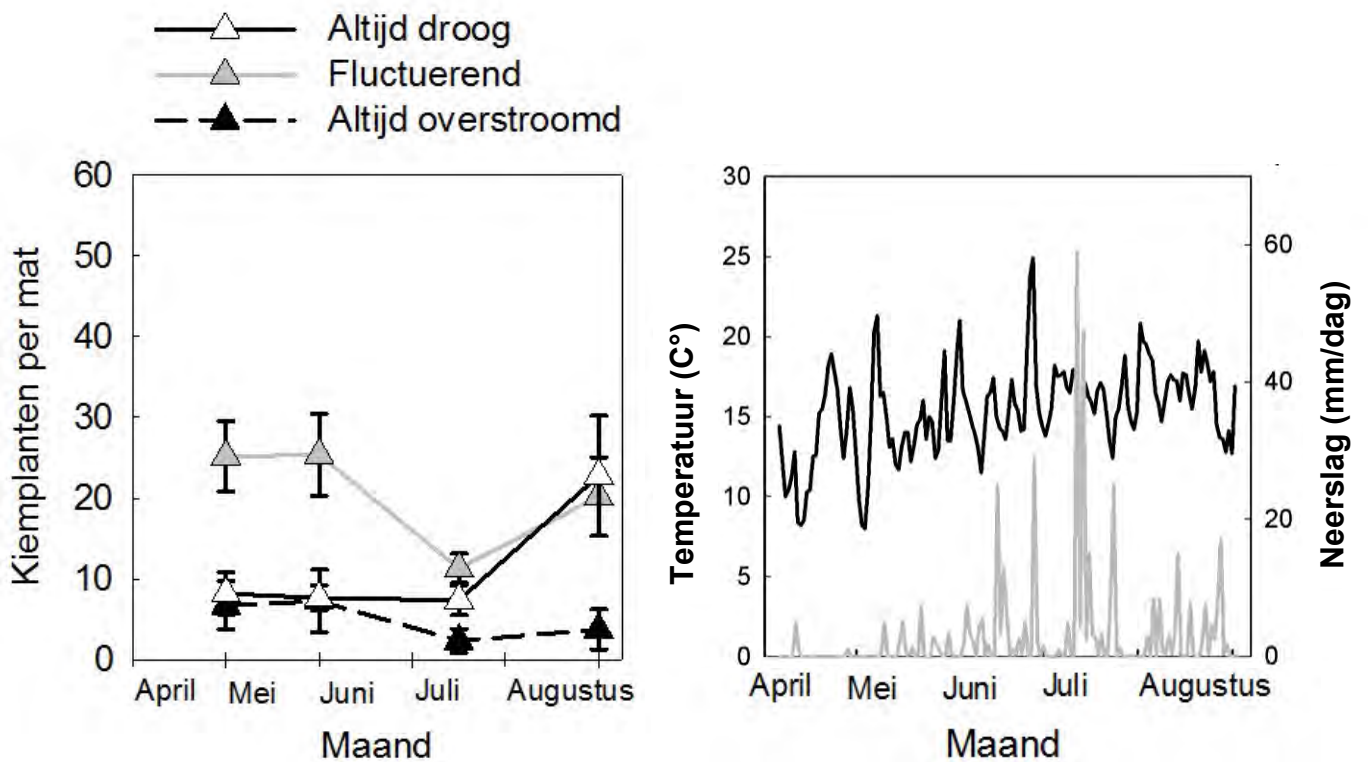
Figuur 1.7. Plaatsing van de zaadmatjes in de oever gradiënt: één op de hoogste waterstand, één op de gemiddelde en één op de laagste waterstand. De matjes zijn aangegeven met de witte pijlen, de laagste liggen onder water.

Resultaten

Kieming over de tijd

Het verloop van het aantal kiemplanten op de mat gedurende de vijf maanden van het onderzoek vertoonde een grote overeenkomst met schommelingen in het oppervlakte water. Van de in april gezaaide zaden kiemden de meeste zaden tijdens de eerste twee maanden. De kieming was het hoogst in de matten die zich net op, of boven de waterlijn bevonden (Fig. 1.8). In de matjes waar niets ingezaaid was, vonden we weinig kiemplanten, en de kiemplanten die we vonden stonden rond de waterlijn. Dit zijn dus waarschijnlijk zaden die door het water verspreid werden.

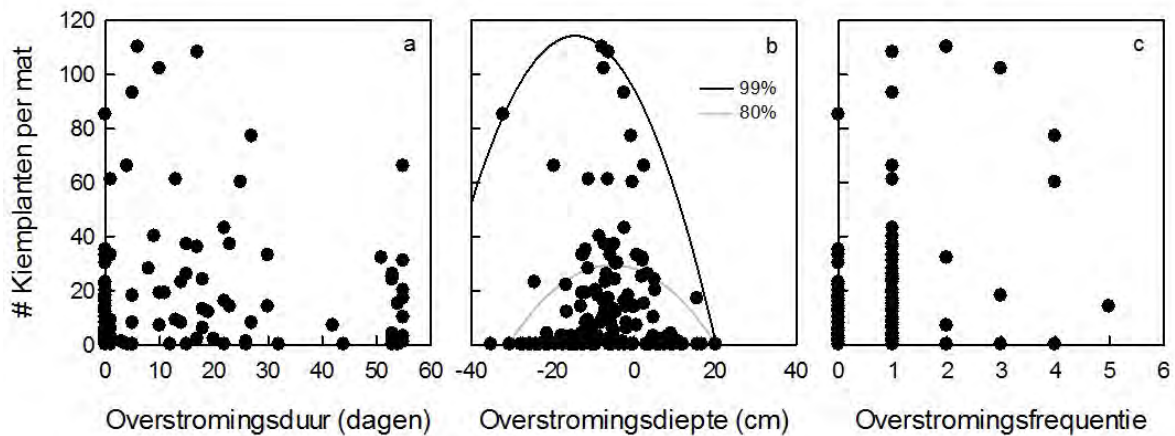
Na mei werd het een periode heel droog, waardoor het oppervlaktewater daalde. Als gevolg hiervan gingen bijna alle kiemplanten die zich op de matjes bevonden dood. Halverwege juli begon het echter zeer hard te regenen en steeg het water weer. Daardoor waren bij de meetronde eind augustus weer behoorlijk wat nieuwe zaden gekiemd (Fig. 1.8). Opvallend was ook dat er nu behoorlijk wat zaden gekiemd waren uit natuurlijke bron, op matjes die nooit overstroomd waren geweest. Dit duidt erop dat windverspreiding ook een belangrijke rol speelt in de aanvoer van zaden naar oevers. De meeste kiemplanten op de niet ingezaaide matjes waren van grasachtige soorten.



Figuur 1.8. Totaal aantal kiemplanten per mat gedurende het groeiseizoen (links). Dit zijn de zaden gekiemd uit de zaadbank plus de ingevangen zaden. De aantallen zijn uitgesplitst voor maten die altijd droog lagen, fluctuerend nat en droog en altijd overstromd. Deze categorieën zijn gebaseerd op de daadwerkelijk waterstanden gedurende het seizoen, berekend met de waterpeil gegevens van Deltares. De regenval (grijze lijn) en temperatuur (zwarte lijn) zijn weergegeven in het rechterpanel.

Kieming en peil

Wanneer we kijken naar de kieming in de matjes in mei (na twee maanden) zien we geen relatie tussen het aantal kiemplanten in de mat en overstroomingsduur (Fig. 1.9a). Tussen overstroomingsdiepte en aantal kiemplanten bestaat wel een verband. De hoogste kieming werd gevonden in matjes net boven het oppervlakte water (Fig. 1.9b). Dit komt overeen met de literatuurstudie waaruit bleek dat in kas experimenten de meeste soorten de hoogste kieming hebben bij een bodem waarbij de microporiën verzadigd zijn met water. Er was geen verband tussen overstroomingsfrequentie en aantal kiemplanten (Fig. 1.9c). Van de overige omgevingsvariabelen bleek licht ook belangrijk voor de kieming. In een dikke, dichte rietkraag kiemt niet zoveel. Op hele open stukken werden ook niet zoveel kiemplanten gevonden, waarschijnlijk werden deze snel verdroogd.



Figuur 1.9. Relatie tussen flexibel peil variabelen en het aantal kiemplanten per ingezaaide mat in juni. Er was geen relatie tussen aantal kiemplanten op de mat en overstromingsduur (a) en overstromingsfrequentie (c). Het aantal kiemplanten hing af van de waterdiepte (b): als de mat net droog viel was de hoeveelheid kiemplanten maximaal (een negatieve overstromingsdiepte betekent droogval). De hyperbolen geven de resultaten van een quantile regressie weer, waarbij 99% of 80% van de data punten onder de curve valt.

1.4 Conclusie kieming en vestiging

Kieming is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van water en reageert vrij direct op peil wisselingen. Bij flexibel peil, in het geval van het proefvijverexperiment een uitzakkend peil, kiemden er meer zaden en meer soorten oeverplanten dan bij een vast peil. De hogere kans op het aanspoelen van zaden maakt dat de kieming hoger is bij een flexibel peil en meer soorten op de oever terecht komen. Een uitzakkend peil stimuleert ook de kieming van zaden die al in de zaadbank zitten, maar alleen als dit peil gecombineerd wordt met een geleidelijke hellingshoek van de oever. Ook in het veld, waar meer variabelen (licht) de kieming beïnvloeden is de hoeveelheid water belangrijk. Kieming gebeurde het hele jaar door, zodra de omstandigheden gunstig waren. Het meest gunstig is een bodem die goed, maar niet volledig verzadigd is met water, zoals bijvoorbeeld bodems die net zijn drooggevallen. Al met al betekent dit dat uitzakken van het peil in het vroege voorjaar waarschijnlijk het meest gunstig is voor de kieming, omdat hierdoor veel door het water verspreide zaden op de oever blijven liggen en omdat de periode voor kiemplanten om zich te vestigen dan het grootst is. Voor zaden die in de zaadbank aanwezig zijn, zorgt flexibel peil voor een langer kiemseizoen doordat steeds nieuwe stukken sediment droogvallen, wat gevolgd wordt door kieming.

2. Effecten van flexibel peil op plantengroei

2.1 Groei van kragge vormende soorten

Om de rol van flexibel peil op gevestigde planten in de oeverzone beter te begrijpen hebben we het effect van flexibel peil experimenteel onderzocht op het proefvijvercomplex in Loenderveen. Het doel was vast te stellen in welke mate planten uit de oeverzone reageren op overstroming en een daaropvolgende peilverlaging en in hoeverre de nutriëntenrijkdom van het sediment hierop invloed heeft. Overstroming vormt een stress factor voor planten met name omdat het transport van zuurstof en koolstofdioxide onder water beperkt is (Armstrong 1994). Eén van de aanpassingen van planten aan overstroming is een snelle strekkingsrespons waardoor de plant boven water uit komt en zo makkelijker gassen kan uitwisselen met de lucht (Laan et al. 1990). Echter niet alle soorten bezitten deze eigenschap (Voesenek et al. 2004; Mommer et al. 2006).

Omdat voedingstoffen ook veel effecten hebben op de groei van planten en deze planten daardoor misschien wel beter bestand zouden kunnen zijn tegen de effecten van overstroming hebben we de interactie tussen voedselrijkdom en peilfluctuatie specifiek onderzocht. We hebben niet alleen de groei van planten maar ook de horizontale uitbreiding bekeken, die van belang is voor het verlandingsproces.

We hebben specifiek gekozen voor een achttal soorten die een rol kunnen spelen in kraggevorming (Sarneel et al. 2011) (zie Fig. 2.1). Dit zijn: Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), Slangewortel (*Calla palustris*), Grote boterbloem (*Ranunculus lingua*), Waterscheerling (*Cicuta virosa*), Wateraardbei (*Potentilla palustris*), Smalle lisdodde (*Typha angustifolia*), Riet (*Phragmites australis*) en Kleine watereppe (*Berula erecta*).

Er wordt ook verondersteld dat Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) de uitbreiding van oeverplanten stimuleert. De stevige structuur van deze drijvende plant zou extra steun kunnen bieden aan oeverplanten die met (drijvende) wortelstokken wateroppervlak koloniseren (Sarneel et al. 2011). Daarom hebben we de rol van Krabbenscheer als ecosysteem-ingenieur (volgens Jones et al. 1994, d.w.z. de soort kan belangrijke veranderingen op ecosysteemniveau induceren) onderzocht. De vraag die bij dit deel van het onderzoek centraal stond was: welke effecten hebben een opkomend en uitzakkend peil op oeverplanten bij verschillende nutriëntenrijkdom en in de aan- of afwezigheid van Krabbenscheer.

We hebben de volgende hypothesen opgesteld:

1. Omdat onderdompeling van planten een vorm van stress is zal een verhoging van het waterpeil de groei remmen en mogelijk mortaliteit veroorzaken.
2. Negatieve effecten van overstroming zullen gebufferd worden onder grotere nutriëntenbeschikbaarheid omdat planten dan kunnen reageren door strekking en groei.
3. De aanwezigheid van Krabbenscheer als ecosysteem-ingenieur zal de negatieve gevolgen van peilfluctuaties dempen omdat kraggevormende planten fysieke ondersteuning kunnen vinden bij flexibel peil.



Figuur 2.1. Proefvijver. Acht kraggevormende plantensoorten zijn bloot gesteld aan een flexibel of vast peil, onder gevarieerde nutriënten concentraties en bij aan- en afwezigheid van Krabbenscheer.

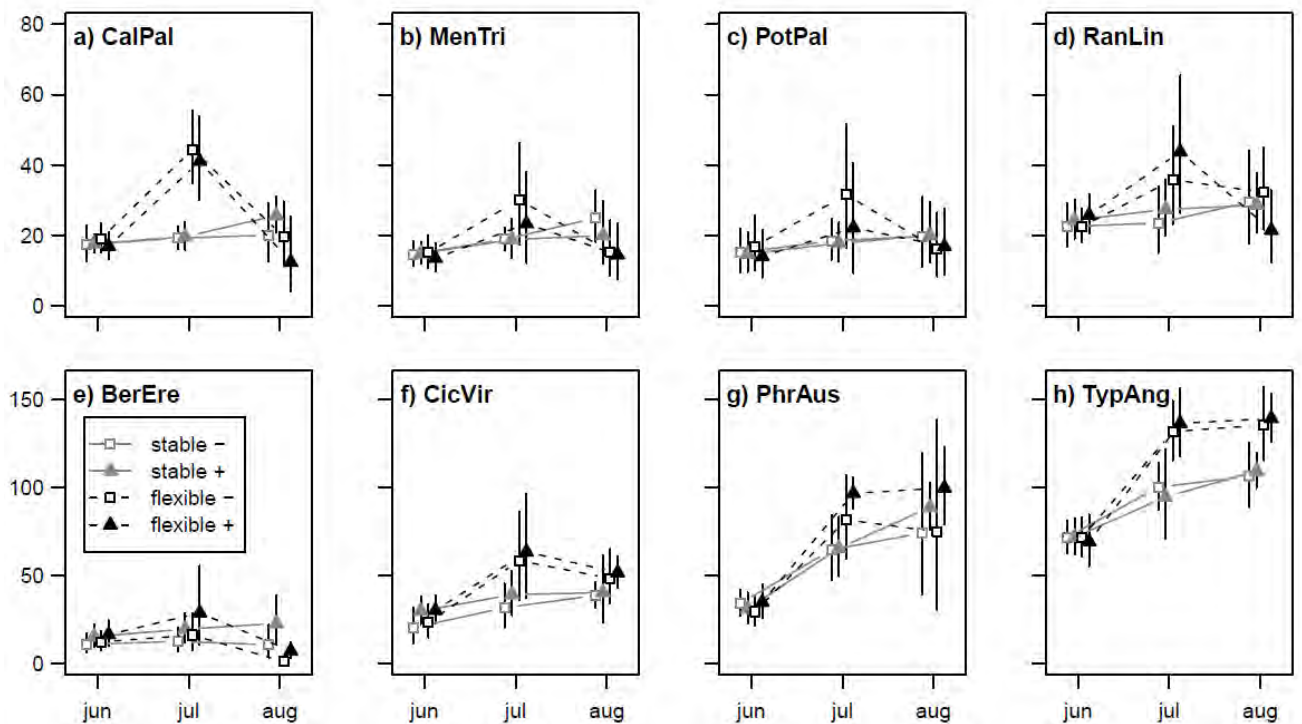
Methoden

Twaalf proefvijvers (zie Bakker et al. 2010) werden half mei 2012 voorzien van de acht plantensoorten in potten. Deze werden gevuld met 5 liter zand en de helft van de potten bevatte 0.3 g l^{-1} osmocote slow release korrels en de andere helft 1.3 g l^{-1} (naar Hidding et al. 2010) slow release korrels (verhouding Osmocote Plus™ 16N-8P-12K) om een laag en hoog nutriënten niveau te creëren. Elke vijver werd verdeeld in een helft waarin eind mei 75 Krabbescheeren werden gebracht en een helft zonder Krabbenscheer. Krabbenscheer werd verzameld in een vijver in Amsterdam ($52^\circ 23' 10'' \text{ N}$, $4^\circ 56' 59'' \text{ E}$). De andere planten werden bij kwekers gekocht: *Potentilla palustris*, *Typha angustifolia*, *Cicuta virosa* en *Mentha trifoliata* bij Jan den Hartog in Boskoop en *Berula erecta*, *Ranunculus lingua*, *Calla palustris* en *Phragmites australis* bij Guido van de Steen uit Kapellekouter, België. In elke vijver werden per plantensoort acht potten geplaatst: vier aan de Krabbenscheerkant en vier zonder Krabbenscheer; van die vier hadden twee een laag en twee een hoog nutriënten gehalte. Tot de start van de peilbehandeling stonden alle potten tot de pot rand in het water. De peilbehandeling vond plaats van 11 juni tot 21 augustus. Het vaste peil was 20 cm water ten opzichte van het sediment. Zes vijvers kregen een stabiel peil ter hoogte van de rand van de plantenspotten, en zes vijvers hadden een flexibel peil. In de vijvers met flexibel peil is over een periode van vijf weken het peil verhoogd met stappen van 10 cm per week tot 40 cm boven de pot rand, waarbij het hoogste peil werd bereikt rond 16 juli. Daarna werd over een periode van vijf weken het peil weer verlaagd (met stappen van 10 cm per week) totdat het water tot rond de potranden stond. De helft van de potten werd na vijf weken geoogst toen het water zijn hoogste stand had bereikt en de andere helft werd na tien weken geoogst, toen het water weer op het uitgangsniveau was.

Resultaten

Strekingsrespons

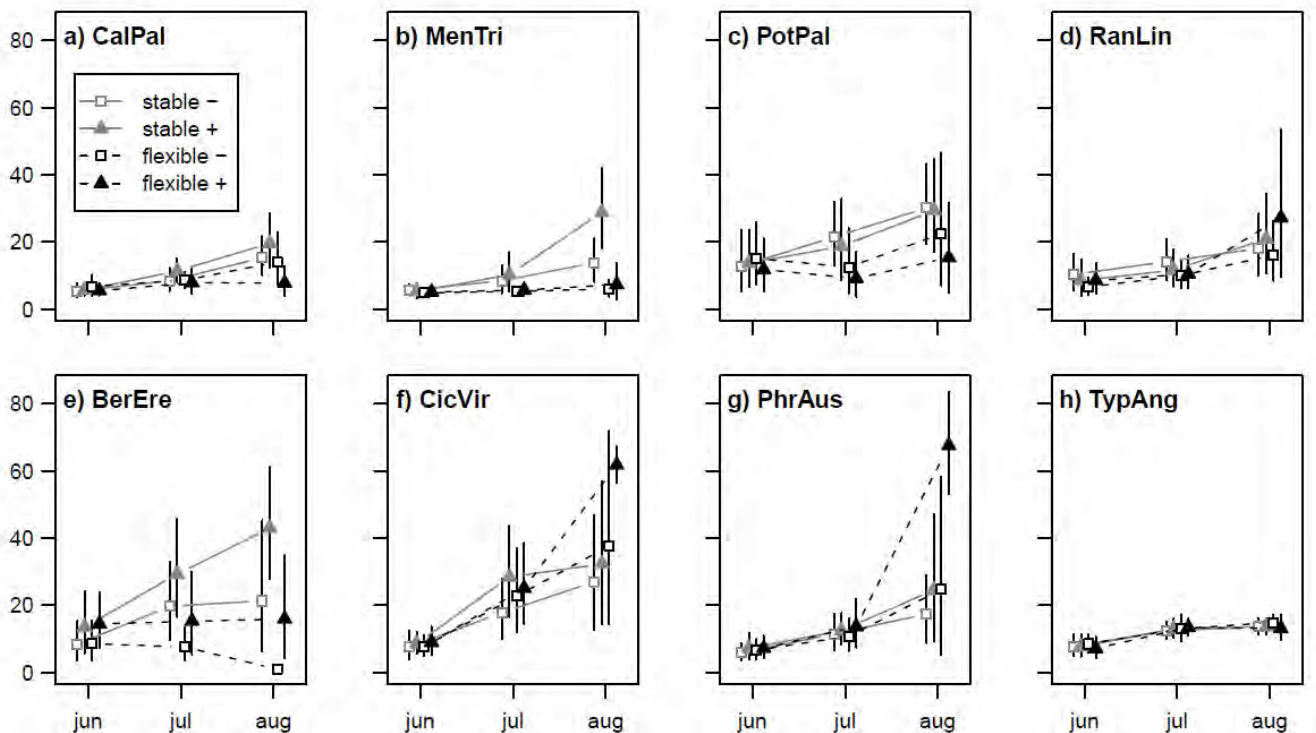
De meeste soorten reageerden met een strekkingsrespons op kortdurende overstroming: de hoogte van de planten nam toe met opkomend waterpeil en weer af als het peil weer zakt (Fig. 2.2). Deze respons is het sterkst in de kruiden (met uitzondering van Kleine watereppe (panel e) die geen strekkingsrespons laat zien). Riet (g) en Smalle lisdodde (h) blijven hoog opgaand ook als het water zakt.



Figuur 2.2. Maximum hoogte van de planten (cm) bij een stabiel en flexibel peil bij een laag (-) en hoog (+) nutriënten gehalte van het sediment. De planten zijn in juni ingezet, waarna het waterpeil in de flexibel peil behandeling omhoog ging tot de meting in juli, waarna het peil weer zakte tot de meting in augustus, het einde van het experiment. De soorten zijn: CalPal - Slangewortel (*Calla palustris*), Men Tri - Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), PotPal - Wateraardbei (*Potentilla palustris*), RanLin - Grote boterbloem (*Ranunculus lingua*), BerEre - Kleine watereppe (*Berula erecta*), CicVir - Waterscheerling (*Cicuta virosa*), PhrAus - Riet (*Phragmites australis*) and TypAng - Smalle lisdodde (*Typha angustifolia*). Gegevens zijn het gemiddelde \pm standaardfout ($n=6$).

Horizontale uitbreiding

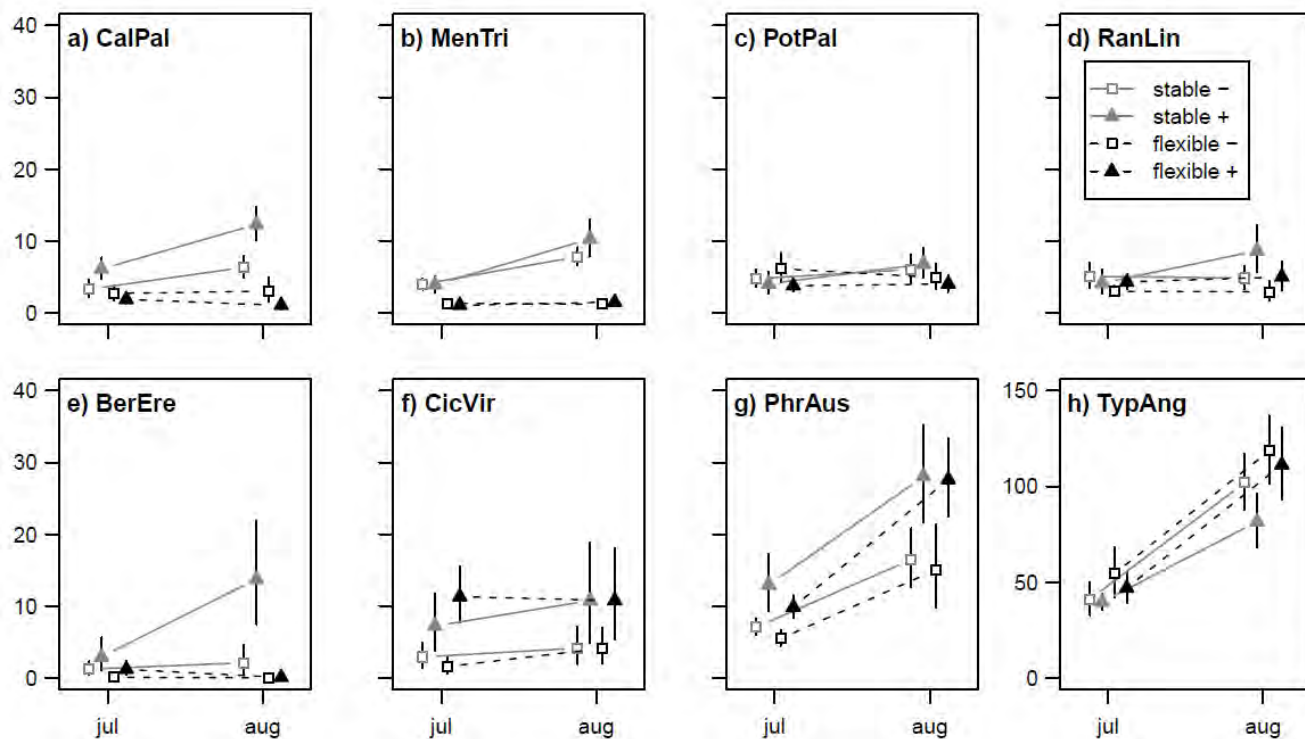
Gedurende de proef breidden alle soorten zich horizontaal uit, dat wil zeggen dat ze met uitlopers de pot uitkropen (Fig. 2.3). De afstand van kolonisatie vanaf de pot verschilde sterk per soort: Waterscheerling (f) en Kleine watereppe (e) koloniseerden het omringende water snel, terwijl Smalle lisdodde (h) vrijwel geen uitlopers vormde. De soorten reageerden verschillend op peilfluctuatie: sommige soorten leken langere uitlopers te maken bij vast peil (Waterdrieblad (b), Kleine Watereppe (e) en Wateraardbei (c)), terwijl Waterscheerling (f) en Riet (g) de langste uitlopers maakten bij flexibel peil, maar dan alleen als voldoende nutriënten aanwezig waren (Fig. 2.3.).



Figuur 2.3. Maximale horizontale uitbreiding (cm) van de plantensoorten bij stabiel en flexibel peil bij een laag (-) en hoog (+) nutriënten gehalte van het sediment. Zie bijschrift Fig. 2.2 voor afkortingen soorten en flexibel peil regime.

Totale biomassa

De resulterende biomassa van de soorten werd beïnvloedt door peilregime en nutriënten; de respons was soortspecifiek (Fig. 2.4). Slangewortel (a) en Waterdrieblad (b) reageerden vooral op het peilregime: zij groeiden het beste bij stabiel peil. Waterscheerling (f) en Riet (g) reageerden vooral op nutriënten gehalte: zij groeiden beter bij een hoog nutriënten gehalte terwijl het peilregime geen effect had (Fig. 2.4). Kleine watereppe reageerde op het weer zakkende peil door veel biomassa te maken, maar alleen als er voldoende nutriënten aanwezig waren. Smalle lisdodde (h) en Wateraardbei (c) leken helemaal niet te reageren op peil regime of nutriënten beschikbaarheid (Fig. 2.4).



Figuur 2.4. Totale biomassa van de planten (boven + ondergronds materiaal g drooggewicht per pot) bij een stabiel en flexibel peil bij een laag (-) en hoog (+) nutriënten gehalte van het sediment. De biomassa is bepaald na het opkomende peil (juli) en na het weer zakkende peil (augustus). Zie bijschrift Fig. 2.2 voor afkortingen soorten en flexibel peil regime.

Conclusies

De meeste soorten vertoonden een strekkingsrespons, wat aangeeft dat ze tijdelijke overstroming goed kunnen weerstaan. De acht geselecteerde oeverplanten reageerden verschillend op flexibel peil en nutriënten beschikbaarheid voor wat betreft de horizontale uitbreidingsnelheid en totale biomassa die ze maakten. Dit geeft aan dat onder verschillende omstandigheden, verschillende soorten het goed doen. In dat geval geeft een meer diverse oevervegetatie meer mogelijkheden voor de begroeiing om op peilwisselingen te reageren.

Hoewel Krabbenscheer geen aanwijsbaar effect op de acht plantensoorten heeft gehad, kunnen mogelijke positieve effecten van deze potentiële ecosysteemingénieur op overleving en uitbreiding van de onderzochte soorten wellicht optreden op de langere termijn. Onderzoek hiernaar vergt meerjarige studies.

2.2 Groei en uitbreiding van oeverplanten in het veld

Van een heel aantal omgevingsvariabelen, zoals waterpeil fluctuaties, maar ook nutriënten beschikbaarheid en strijklengte is bekend dat ze de ontwikkeling van oeverzones in het veld beïnvloeden (Azza et al. 2006, Sarneel et al. 2010, Bornette and Puijalon 2011, Sarneel et al. 2011). Ook waterdiepte is een belangrijke sturende variabele (Bornette and Puijalon 2011). Omdat peilfluctuaties direct kunnen aangrijpen op waterdiepte is het de verwachting dat peilfluctuaties effect hebben op de ontwikkeling van oevervegetaties. De vraag die we willen beantwoorden is (1) of er uitbreiding van oeverplanten het water in optreedt en of (2) flexibel peil in combinatie met andere omgevingsvariabelen deze uitbreiding beïnvloedt.

Methode

Om de oeverontwikkeling per gebied goed in kaart te kunnen brengen hebben we per gebied 5 stukken oever met palen gemarkeerd (3 x 6 m; voor een gedetailleerdere methode zie enclosure studie in 3.2). In 2011 en 2012 hebben we van alle plots de totale bedekking met emergente waterplanten geschat (in klassen van 10%), zo konden we de jaarlijkse uitbreiding van de oevervegetatie berekenen. De verschillen in bedekking tussen 2011 en 2012, hebben we gerelateerd aan een set van omgevingskarakteristieken (nutriënten en peilregime; Tabel 2.1). Tevens hebben we in elk gebied 5 stukken afgerasterd met gaas om grazers uit te sluiten. Ook hier hebben we de bedekkingstoename over de tijd berekend en gerelateerd aan de eerder genoemde omgevingsfactoren.

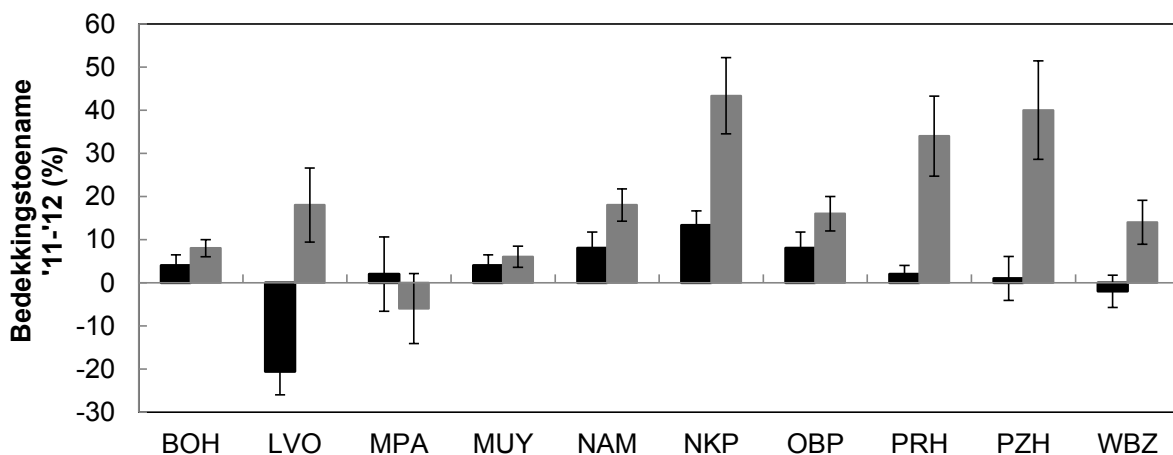
Tabel 2.1. Karakteristieken van de onderzochte gebieden. De getallen zijn de gebiedsmiddelden \pm de standaard fout gebaseerd op de 5 stukken geselecteerde oever in het enclosure experiment. BOH = Botshol, LVO = Loenderveen Oost, MPA = de Middelpolder MUY = Tienhoven NAM = Naardermeer vak 4, NKP = Nieuw Keverdijkse Polder Noord, OBP = Oostelijke Binnenpolder, PRH = Polder Ronde Hoep, PZH = Polder Zevenhoven, de Groene Jonker, WBZ = de Westbroekse Zodden.

	BOH	LVO	MPA	MUY	NAM	NKP	OBP	PRH	PZH	WBZ
P (% in de plant)	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.15 ± 0.00	0.13 ± 0.00	0.31 ± 0	0.21 ± 0.01	0.22 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.18 ± 0.00
N (% in de plant)	2.04 ± 0.17	1.46 ± 0.23	1.32 ± 0.19	2.29 ± 0.09	2.36 ± 0.15	3.39 ± 0	2.60 ± 0.35	1.73 ± 0.16	3.63 ± 0.00	2.53 ± 0.13
Watervogels (kg/ha)	902	190	1074	2391	576	843	9000	393	1202	4860
Muskusratten (kg/ha)	0.14	0.13	0.05	0.07	0.01	0.01	0.02	0.07	0.21	0.07
Strijklengte wind (m)	287 $\pm 117.$	959 $\pm 188.$	67.3 ± 9.66	630 $\pm 124.$	249 $\pm 100.$	423 $\pm 109.$	750 ± 51.4	99.3 ± 10.5	902 $\pm 299.$	427 ± 68.0
Waterdiepte (m)	1.22 ± 0.06	0.75 ± 0.05	0.88 ± 0.10	1.13 ± 0.07	0.71 ± 0.08	0.12 ± 0.06	0.87 ± 0.07	0.90 ± 0.02	0.23 ± 0.09	1.05 ± 0.05
Peilrange (cm)	21	21	32	14	17	65	27	35	37	25
Lengte droogval oever (cm)	55.4 ± 20.3	110. ± 45.8	56.5 ± 25.5	118. ± 31.7	16.4 ± 12.6	0 ± 0	142. ± 43.6	155. ± 25.5	12.7 ± 12.7	206. ± 73.5
Lengte extra begroeibaar areaal door flexibel peil (cm)	39.1 ± 13.4	26.5 ± 10.7	103. ± 12.1	50.6 ± 10.6	20 ± 20	600 ± 0	36.4 ± 12.7	125. ± 18.4	426. ± 88.4	0 ± 0

Resultaten

De jaarlijkse uitbreiding van natuurlijke oevers is gering. In 7 van de 10 onderzoeksgebieden werd slechts een zeer kleine toename van de bedekking met helofyten waargenomen tijdens het project (<5% van het gemarkeerde vlak). In twee gebieden, Westbroek en Loenderveen Oost, was zelfs sprake van een terugtrekkende oeverzone (Figuur 2.5). De jaarlijkse toename van de bedekking met emergente waterplanten was negatief gecorreleerd aan de muskusratten dichtheid (multiële stapsgewijze regressie, $p = 0.02$). Wel was de verklarende waarde van dit verband vrij laag ($R^2 = 0.11$). De overige in de analyse meegenomen variabelen (N en P beschikbaarheid voor planten, watervogeldichtheid, strijklengte, waterdiepte van het gemarkeerde vlak, oppervlakte dat door flexibel peil droogvalt en het extra oppervlak dat door flexibel peil ondiep (< 1m) wordt, Tabel 2.1) bleken geen relatie met de bedekkingstoename te hebben.

Dezelfde analyse voor stukken oever zonder begrazing liet zien dat in ondiepere plots de bedekking sterker toe was genomen dan in diepere plots ($p=0.003$; $R^2=0.18$). De effecten van begrazing op de uitbreiding van oevervegetatie zullen later besproken worden (zie Figuur 4.5).



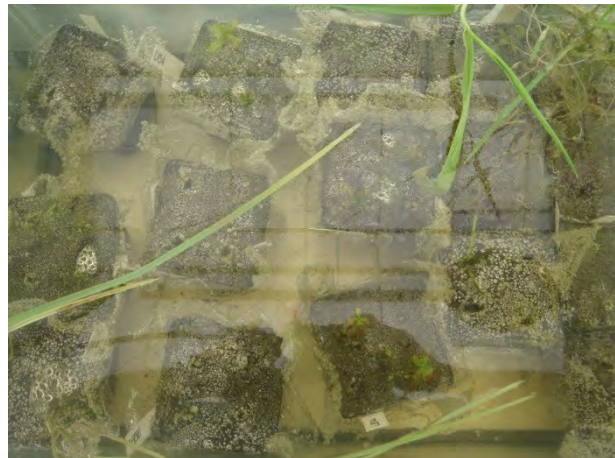
Figuur 2.5. Per gebied de gemiddelde bedekkingstoename in de 5 gemarkeerde stukken oever met (zwart) en zonder (grijs) begrazing (\pm de standaardfout). De bedekkingstoename is berekend uit het verschil in bedekking tussen 2012 en 2011. Voor de afkortingen van de gebieden zie Tabel 2.1.

2.3 Kiemplanten groei en waterpeil

Oeverplanten kennen verschillende aanpassingen aan overstroming. De meeste planten maken wortels met grote luchtkanalen om de gasuitwisseling in de wortels te verbeteren (Armstrong 1994). Daarnaast vertonen ook veel planten een strekkingsrespons, ze gaan als het ware snorkelen (Voesenek et al. 2004; Mommer et al. 2006). Kiemplanten zijn maar klein, ze hebben weinig wortels en door de geringe lengte komen ze niet makkelijk boven het water uit. Het kan dus verwacht worden dat een relatief kleine overstroming grote effecten kan hebben op de groei en overleving van kiemplanten. We hebben een kleine proef gedaan om te kijken hoe lang kiemplanten een overstroming van 10 cm kunnen overleven.

Methode

Van 16 verschillende soorten (Tabel 2.2) werden 4 kiemplanten van 3 weken oud geplant in potjes van 10 x 10 cm gevuld met potgrond. Van elke soort werden 5 potjes op deze manier gevuld, die over 5 verschillende aquaria werden verdeeld. Deze aquaria werden gevuld met kraanwater tot 10 cm boven de rand van de pot (Fig. 2.6). Hierdoor werden de meeste kiemplanten volledig overstroomd. Alleen de kiemplanten van Gestreepte witbol reikten tot net op of net onder het waterniveau. Elke week werd de overleving en groei van deze kiemplanten gemeten.



Figuur 2.6. Potjes met kiemplanten in een aquarium met 10 cm water er boven.

Tabel 2.2. Overleving (%) van kiemplanten onder 10 cm water. Weeknummers geven de tijd in weken sinds overstroming.

Week	1	2	3	4	5
Beekpunge	90	70	40	20	10
Dotterbloem	100	100	95	100	100
Echte koekoeksbloem	100	95	40	20	10
Gladde witbol	100	100	100	100	100
Grote brandnetel	95	85	15	0	0
Grote kattenstaart	100	100	100	100	100
Hoge cyperzegge	100	100	95	100	100
Koninginnekruid	100	90	30	20	0
Liesgras	100	100	95	100	100
Moerasspirea	100	100	95	30	30
Slangenwortel	85	20	0	0	0
St. janskruid	100	90	35	80	60
Veenreukgras	100	100	100	100	100
Watermunt	100	100	100	100	100
waterzuring	100	100	85	30	10
Wolfspoot	100	100	100	100	100

Resultaten

De meeste kiemplanten overleefden de eerste twee weken overstroming zonder dood te gaan (Tabel 2.2). Na week drie waren bij veel soorten kiemplanten dood gegaan. Soorten die overstroming het best overleefden waren soorten die vlak na het inzetten van de proef boven het water uit kwamen (Gestreepte witbol en Liesgras). Opvallend was dat alhoewel bij inzetten de Liesgras planten (3 – 4 cm hoog) volledig overstromd waren, ze twee dagen later al boven het water uit kwamen. Zes weken overstroming had de grootste gevolgen voor de overleving van Slangenwortel, Koninginnekruid, Sint jans kruid, Echte koekoeksbloem, Brandnetel en Beekpunge.

2.4 Conclusies groei (in het veld)

De groei van oeverplanten is afhankelijk van waterdiepte, en daardoor ook van het gevoerde peilbeheer, mits dit peilbeheer van invloed is op de waterdiepte tijdens het groeiseizoen. Een overstroming langer dan twee weken heeft drastische gevolgen voor de overleving van kiemplanten van een groot aantal oeversoorten. Voor volwassen planten en stekjes is de overleving bij overstroming hoger, maar ook hier geldt dat hoge waterstanden (hoger dan de lengte van de plant) voor veel plantensoorten ongunstig is. De groei en uitbreiding van oeverzones in het veld was vooral gerelateerd aan begrazing, (zie hoofdstuk 4.2 over belemmeringen voor meer details). Wanneer begrazing werd uitgesloten was waterdiepte de belangrijkste factor, waarbij ondiep water de groei en uitbreiding stimuleerde (Fig. 2.7).



Figuur 2.7. Uitbreiding van oeverplanten in ondiep water in de Nieuwe Keverdijkse Polder. Hier Grote egelskop te midden van Watergentiaan.

3. Effecten van flexibel peil op de vegetatie samenstelling en EKR scores

Zoals al eerder gezegd en uitgebreid beschreven in de deelrapporten van Deltares (Deltares. Hydrologie. 2012, Borren et al. 2012) en B-Ware (B-WARE. 2012. Interne bodem-processen en waterkwaliteit, Smolders et al. 2012).

zal flexibel peil invloed hebben op de chemische samenstelling en de vochtigheid van de oever, wat op zijn beurt weer consequenties heeft voor de groei van oeverplanten. Daarnaast heeft het peil beheer ook consequenties voor de verspreiding, kieming en vestiging (Hoofdstuk 2). Als gevolg hiervan kunnen op termijn vegetatieveranderingen verwacht worden bij instelling van flexibel peil. Daarom is een goed monitorings programma van belang, en het opzetten van een goed monitoringsnetwerk was daarom ook een doel van dit project.

Het specifieke doel van de veldmonitoring uitgevoerd binnen dit project was om:

- 1) Een start te maken met het monitoren van de vegetatie, zodat er een goede basis ligt voor monitoring van vegetatieverschuivingen op de lange termijn.

Met behulp van de relaties tussen huidige vegetatie, de chemische samenstelling van de bodem en peil regime, is het mogelijk een inschatting te maken van mogelijke verschuivingen in soort samenstelling.

Daarom was de tweede vraag van deze veldstudie:

- 2) Welke verbanden zijn er tussen de ecologische toestand van de (waterplant en oever) vegetaties en de habitat karakteristieken?

Methode

De vegetatie is in augustus 2010 en augustus 2011 opgenomen conform de standaard KRW monitorings methode (details van de vegetatie opnames per jaar en per gebied zijn te verkrijgen op aanvraag bij Liesbeth Bakker (l.bakker@nioo.knaw.nl) of Lauria Moria (Laura.moria@waternet.nl)). In alle onderzoeks gebieden werden 5-7 waterlichamen geselecteerd. In elk waterlichaam werden drie opnames gemaakt. (1) De soortensamenstelling en de bedekkingen van de waterplanten werd opgenomen met behulp van een kijkbuis, hark en satakroon. (2) De soortensamenstelling en de bedekkingen van het begroeibaar areaal (het stuk tussen de waterlijn tot een diepte van 1 m) en (3) van de oever (tot 1 m van de waterlijn) werden opgenomen met behulp van de door de KRW monitoring voorgestelde Tansley schaal (STOWA, 2010).

Voor sloten werd een transect van 100 x 5 m opgenomen, en voor plassen (inclusief petgaten) werd een transect van 50 x 10 m opgenomen. Per gebied werden 5-7 oevers bemonsterd, die gekozen werden zodat ze een representatief beeld gaven van het gebied. De precieze locatie van de opnamen per gebied is opgenomen in bijlage 2.

In het veld werden de pH, de geleidbaarheid, en het doorzicht (secchi) bepaald. Tevens werd de waterdiepte gemeten. Ook werd het verloop en de hoogte van de oever gemeten.

In februari 2011 werd een bodemmonster genomen van zowel de oever als het begroeibaar areaal. Dit werd geanalyseerd op chemische samenstelling met behulp van een destructie (voor ijzer, fosfaat en sulfaat) en een demi-water analyse (voor calcium, magnesium, mangaan, silicium, zink, nitraat, ammonium, kalium en chloride concentraties). Bij deze bodemmonsters werd ook het percentage organische stof bepaald.

Met behulp van de door Deltares gemeten fluctuaties in het oppervlakte water, werd de peilrange berekend (verschil tussen minimale en maximale waterstand). Ook werd het verschil tussen de waterstand in de zomer (van 21 juni tot 21 september) en de winter (van 21 december tot 31 maart) berekend. Tot slot werd berekend hoeveel oever er droogvalt door de schommelingen in de waterstand (uitgedrukt in lengte van de oever loodrecht op de waterlijn). Op dezelfde manier werd berekend hoeveel meter ondiep water er beschikbaar komt door peil fluctuaties (loodrecht op de waterlijn).

De relatie tussen vegetatie en standplaatsfactoren is geanalyseerd met behulp van een PCA analyse. Hierbij worden de opnames grafisch weergegeven in een assenstelsel. De assen geven aan hoeveel de soortensamenstelling van de opnamen op elkaar lijkt. Opnamen die veel op elkaar lijken komen in het assenstelsel dicht bij elkaar te liggen. Daarna wordt, gebaseerd op de omgevingseigenschappen van de opnamen, gekeken hoe de belangrijkste omgevingsfactoren correleren met deze samengestelde assen. Dit wordt weergegeven met pijlen. De richting van de pijl geeft een toename in de betreffende variabele aan. De lengte van de pijlen geeft weer of het gaat om een grote (belangrijke) of een kleine (onbelangrijke) verschuiving. In de figuren worden alleen de belangrijkste verschuivingen weergegeven.

Met behulp van het programma QBwat (Pot 2012) werd voor elke opname de EKR score apart berekend. Deze werden gemiddeld om tot een gemiddelde gebieds EKR te komen. Deze staan weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1. EKR scores van de vegetatie per onderzoeksgebied in 2010 en 2011, gebaseerd op 5-7 opnamen per gebied. Een verklaring van een afkorting van de gebieden is te vinden bij Tabel 2.1. Het totaal oordeel is weergegeven op een schaal van 1-5. De deelmaatlatten voor de overige waterflora, het voorkomen van de verschillende groeivormen (drijvend, submers, emergent, algen), en het voorkomen van macrofyten doelsoorten zijn weergegeven op een schaal van 0-1. Respectievelijk voor het totaal oordeel en deelmaatlatten betekent een score van 5 en 1 een volledige overeenkomst met het KRW doeltypen. De kleuren corresponderen met deze score (rood = slechte overeenkomst, oranje = matig, geel = redelijk, licht groen = goed, donkergroen = zeer goed). Het soortenaantal is het gemiddeld aantal soorten per opname in een gebied.

2010	BOH	LVO	MPA	MUY	NAM	NKP	OBP	PRH	PZH	WBZ
Totaal oordeel	1.14	1.50	1.20	2.17	1.33	2.00	2.40	2.17	1.50	1.83
Overige waterflora eqr	0.09	0.16	0.17	0.34	0.14	0.30	0.38	0.33	0.21	0.30
Abundantie Groeivorm eqr	0.18	0.28	0.26	0.40	0.23	0.43	0.47	0.48	0.22	0.45
Macrofyten soorten eqr	0.01	0.05	0.08	0.29	0.05	0.18	0.29	0.17	0.20	0.15
Aantal soorten oever	18	18	25	27	22	14	32	26	20	33
Aantal soorten begr. areaal	9	8	8	24	13	18	28	11	12	18
Aantal soorten water	0	1	3	9	0	6	11	10	8	4

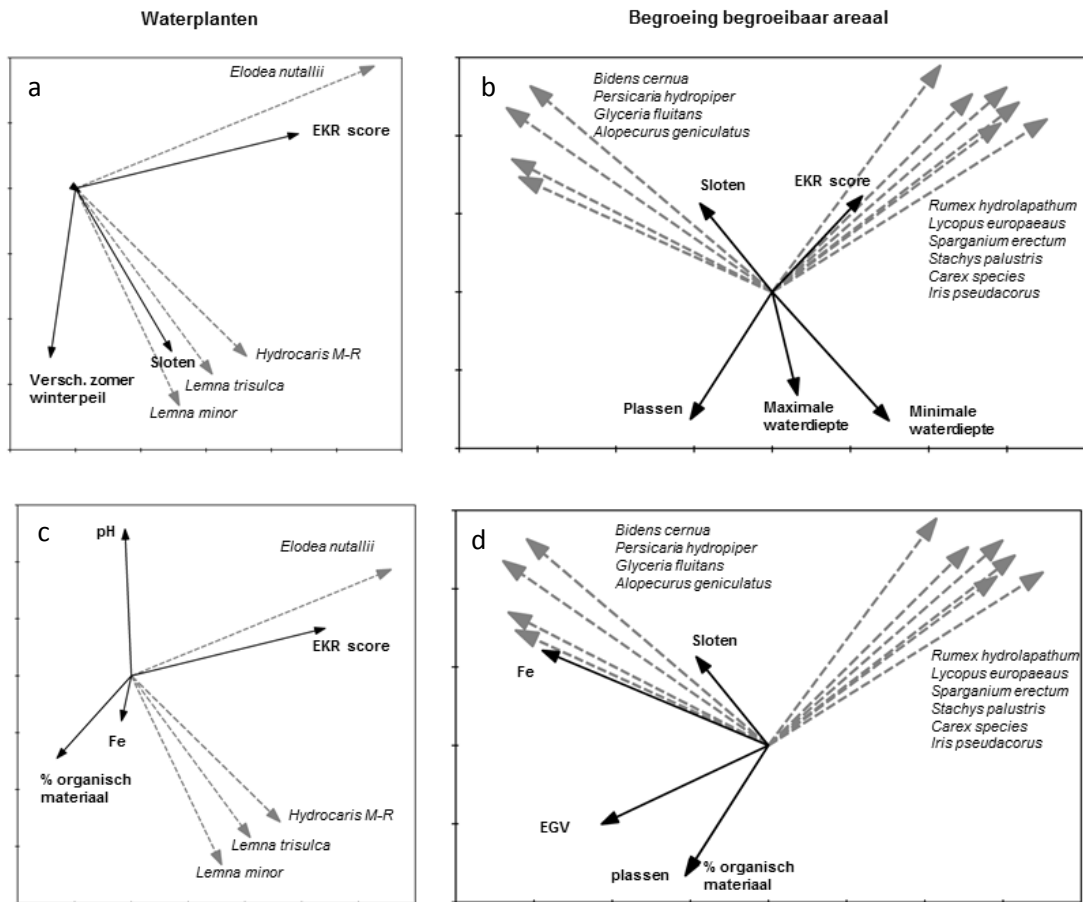
2011	BOH	LVO	MPA	MUY	NAM	NKP	OBP	PRH	PZH	WBZ
Totaal oordeel	1.17	1.67	1.00	2.29	1.67	2.00	2.20	1.57	1.50	2.00
Overige waterflora eqr	0.15	0.20	0.14	0.34	0.21	0.30	0.32	0.21	0.23	0.27
Abundantie groeivorm eqr	0.26	0.29	0.21	0.45	0.23	0.39	0.43	0.32	0.27	0.41
Macrofyten soorten eqr	0.05	0.13	0.06	0.22	0.18	0.20	0.22	0.12	0.19	0.13
Aantal soorten oever	20	24	20	29	21	11	35	25	16	30
Aantal soorten begr. areaal	7	9	16	22	16	16	30	8	19	23
Aantal soorten water	2	3	1	5	5	8	6	6	6	4

Resultaten

In het totaal werden in de 10 gebieden 272 soorten gevonden. De meeste soorten bevonden zich op de droge oever. Riet werd het vaakst aangetroffen, samen met Watermunt, Veenwortel en Liesgras. Smalle waterpest, Kikkerbeet en Klein kroos waren de meest voorkomende waterplanten. Er werden geen grote verschuivingen in soorten aantal en vegetatiesamenstelling gevonden tussen 2010 en 2011. Daarom hebben we voor de relaties tussen vegetatiesamenstelling, chemie en peilverloop gekozen voor een analyse van de monitoring in 2011. Voor de waterplanten kan gesteld worden dat de vegetatie samenstelling vooral bepaald wordt door het type waterlichaam. Op grond van de richting van de pijlen kunnen we zeggen dat sloten relatief hogere bedekkingen met kroos soorten hebben in vergelijking tot de plassen en petgaten (Fig. 3.1). Ook het verschil tussen zomer en winter peil correleert met verschuivingen in vegetatiesamenstelling. In gebieden met een omgekeerd of bijna stabiel peil (Westbroek) troffen we relatief lagere bedekkingen met kroos achtige soorten aan in vergelijking tot de gebieden met een natuurlijk peilverloop. De pH en organisch stof gehalte van de waterbodem kwamen ook naar voren als belangrijke gradiënten die samenvielen met een verschuiving in de soortensamenstelling. Sloten die een hoger gehalte organisch stof hadden werden vaker gedomineerd door kroosachtigen en minder vaak door Smalle waterpest. Te zien is dat de EKR score gevoelig is voor het voorkomen van Smalle waterpest. Dit komt omdat Smalle waterpest de meest voorkomende waterplant is en vaak voorkomt met hoge bedekkingen, waardoor deze opnames meteen hoog scoren op de deelmaatlatten voor bedekking met waterplanten.

Ook de vegetatie in het begroeibaar areaal is afhankelijk van het type waterlichaam. Sloten worden meer gekenmerkt door Knikkend tandzaad, Waterpeper, Mannagras en Geknikte vossenstaart. De meest belangrijke gradiënt is de gradiënt in waterdiepte. Ondiepere waterlichamen hebben minder kruidige soorten zoals Waterzuring, Wolfspoot, Knikkend tandzaad en Waterpeper. De chemische gradiënten die samen vallen met de spreiding in soorten zijn ijzer, geleidbaarheid van het water en percentage organisch materiaal in de waterbodem (Fig. 3.1).

De meeste gebieden scoorden matig tot laag op de EKR score. Binnen de gebieden waren er wel oevers die 'voldoende of goed' scoorden (data niet getoond). Er was geen significant verschil in één van de EKR deelmaatlatten tussen 2010 en 2011, wel vonden we een significant verschil in EKR scores tussen de gebieden. Een multiple stepwise regressie analyse liet zien dat zowel de EKR score van 2010 als van die 2011 niet gerelateerd waren aan standplaatsfactoren met betrekking tot chemie en peilverloop (zie bijlage 3 voor gemiddelden per gebied). De deelmaatlat score voor macrofyten soorten (in 2011 en 2010) bleek negatief gecorreleerd aan het organisch stof gehalte van de waterbodem (voor 2011 $r = -0.471$; $R^2 = 22\%$, $P = 0.001$). Wanneer de verandering van EKR score werd gerelateerd aan de chemische variabelen of aan peil gerelateerde variabelen zoals beschikbaar komen van droge oever of begroeibaar areaal, kon er geen verband worden aangetoond.



Figuur 3.1. Grafische weergave van de PCA analyse van de opnames uit 2011 van het open water (links) en het begroeibaar areaal (rechts) (oeverzone vanaf de waterlijn tot 1 m diepte, of 5 m of 10 m uit de kant voor resp. sloten en meren). Panel a en b geven de relaties tussen de vegetatie en peil gerelateerde variabelen weer. Panel c en d geven de relatie tussen vegetatiesamenstelling en bodemeigenschappen weer.

3.1 Conclusies vegetatie samenstelling

De duur van dit project (twee jaar) is te kort om de effecten van flexibel peil op de vegetatiesamenstelling of veranderingen in de EKR scores te meten. De vastgelegde uitgangswaarden zijn wel zeer belangrijk om over een aantal jaren te kunnen herhalen, waarna door het vergelijken tussen de uitgangssituatie en langere termijn, veranderingen in relatie tot flexibel peil wel vastgesteld kunnen worden.

Wanneer we kijken naar de belangrijkste gradiënten in de vegetatie en de daaraan gekoppelde gradiënten in omgevingsfactoren blijkt dat waterdiepte en type waterlichaam vooral bepalend zijn voor de vegetatie samenstelling. Opvallend is dat voor onderwaterplanten andere gradiënten werden gevonden dan voor oevervegetatie.

4. Mogelijke bedreigingen voor succesvol peilbeheer

Door de complexiteit van de natuur kan het zijn dat de hierboven beschreven relaties tussen flexibel peil en water en oeverplanten in het veld niet zichtbaar zijn. In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op twee mogelijke bedreigingen voor een succesvol peilbeheer. Ten eerste zijn dat de negatieve effecten van bagger. Als er veel bagger aanwezig is zal dit de lichtbeschikbaarheid voor waterplanten en daarmee hun groei bemoeilijken. Echter, door technische beperkingen kon de proef naar de effecten van bagger in de Ronde Hoep geen eenduidig antwoord geven op de effecten van bagger. Daarom zal in dit hoofdstuk slechts de methode worden beschreven, met daarin de technische beperkingen, zodat hieruit lering getrokken kan worden voor toekomstige experimenten.

Daarnaast zullen we in dit hoofdstuk uitvoeriger ingaan op een andere mogelijke belemmering voor de groei en ontwikkeling van oevervegetatie en zijn diversiteit: begrazing. Een groeiend aantal studies laat wisselende effecten van begrazing zien op de samenstelling en de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten (Gayet et al. 2011, Wood et al. 2012) en ook uit terrestrische systemen is bekend dat begrazing grote effecten kan hebben op de vegetatiesamenstelling en ontwikkeling (Bakker and Olff 2003, Bakker et al. 2006, Smit et al. 2010). Over de effecten van vraat aan water en oeverplanten en over de effecten op oevervegetatie ontwikkeling is weinig bekend. Het aantal planten etende waterdieren is de afgelopen jaren sterk gestegen, waardoor het vermoeden is gegroeid dat de huidige stagnatie of zelfs achteruitgang van de oevervegetatie mogelijk veroorzaakt wordt door vraat (Sarneel et al. 2011).

4.1 Bagger

Bagger vorming is een veel voorkomend probleem in veenweides. Binnen dit project werd specifiek de interactie tussen de maatregel 'baggeren' en 'flexibel peil' onderzocht. Voor meer gedetailleerde informatie over processen achter baggervorming en maatregelen tegen bagger verwijzen we naar het verslag van het water mozaïek project 'Baggernut' en 'Droogval'. Voor de effecten van Baggeren op macrofauna verwijzen we naar het O+BN onderzoek in de molenpolder (Verberk et al., 2007).

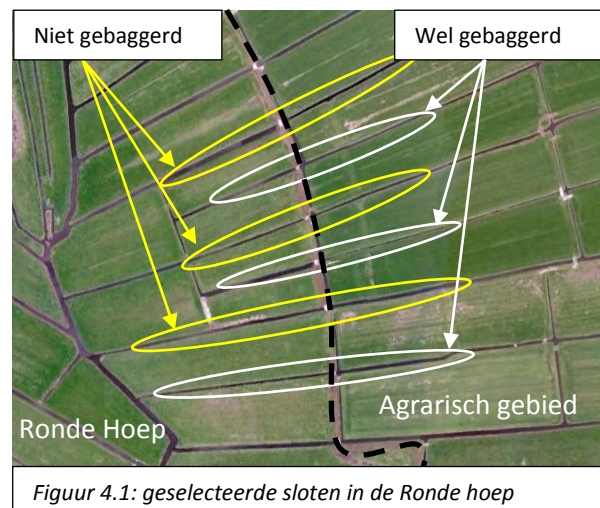
Zoals gezegd kunnen grote hoeveelheden bagger een belemmering vormen voor het herstel van ondergedoken waterplanten. Dit zou eventuele positieve effecten van een flexibel peil kunnen maskeren. Daarnaast zouden peilveranderingen zelf ook een effect hebben op de baggervorming omdat het de beschikbaarheid van zuurstof, en daarmee de afbraakprocessen in oevers en onderwaterbodems beïnvloedt.

De vraag van deze proef was daarom:
Wat is de reactie van ondergedoken waterplanten op baggeren in sloten met en zonder flexibel peil?

Methode

In het poldergebied de Ronde Hoep, waar flexibel peil is ingesteld, als in het aangrenzende agrarische land zonder flexibel peil, werden in 2010 zes sloten geselecteerd (zie figuur 4.1). Begin juni 2010 werden 3 sloten binnen de Ronde Hoep en 3 sloten buiten de Ronde Hoep gebaggerd met behulp van een baggerspuit.

Echter aangezien de sloten veel connecties hadden met aangrenzende sloten, werden de sloten, zeker die in het agrarisch gebied vrij snel weer gevuld met bagger, en waren de verschillen tussen de gebaggerde en niet gebaggerde sloten niet meer goed waarneembaar. Vanwege de mobiliteit van



het slib dient het dus de aanbeveling grotere gebieden te baggeren, of de bagger door middel van bijvoorbeeld schotten tegen te houden.

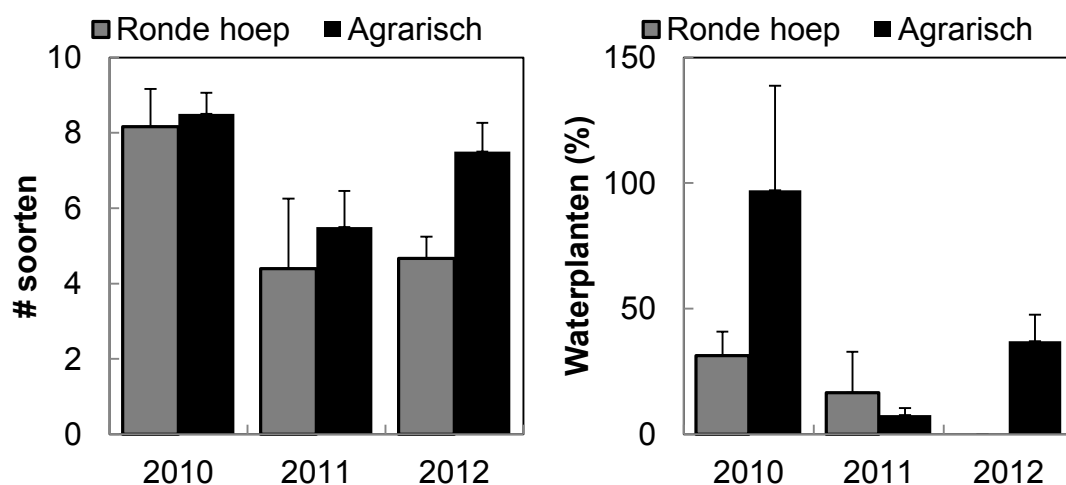
De vegetatie van deze sloten werd gedurende 2010, 2011 en 2012 gemonitord met behulp van Tansley opnames. Tevens werd elk jaar de pH gemeten en werden aan het begin en eind van de proef nog een aantal aanvullende omgevingskenmerken bepaald.

Resultaten

In 2010 was het water in de Ronde Hoep helderder in vergelijking met de sloten buiten het gebied (Secchi diepte; $p=0.042$), maar het ging slechts om een paar cm verschil. Er was geen bodem zicht. In 2012 was de Secchi diepte heel beperkt (<20 cm) en werd er geen verschil meer gevonden tussen binnen en buiten de Ronde Hoep. De pH verschilde niet significant, de EGV was hoger buiten de Ronde Hoep.

Er werden vrij weinig waterplanten gevonden, en de dominante soort wisselde sterk tussen de jaren. In 2011 was er sprake van een hoge bedekking door kroosvaren. Verder werden kroos, Grof hoornblad, fonteinkruiden en flab aangetroffen. In 2012 (en niet in 2010 en 2011) was het aantal soorten en de totale bedekking met ondergedoken waterplanten (inclusief draadalg en waternetje; data niet getoond) hoger buiten het flexibel peil gebied dan binnen het gebied ($p=0.032$ voor aantal soorten en $p=0.007$ voor bedekking met ondergedoken waterplanten), Fig. 4.2.

In 2012 vonden we opvallend genoeg alleen buiten het gebied in 4 van de 6 sloten blauwalgen terwijl er geen blauwalgen gemeten werden in het gebied.



Figuur 4.2. Het aantal soorten emergente en ondergedoken macrophyten (boven) en de totale bedekking door deze soorten (onder) dat werd aangetroffen verschillende jaren in sloten in de Ronde Hoep en in het aangrenzende agrarische land. Balken geven de standaardfout aan.

4.2 Herbivorie

Zoals al eerder genoemd, worden planteneterende waterdieren in toenemende mate als een bedreiging voor soortenrijke oevers gezien. Een groeiend aantal studies toont aan dat de effecten van begrazing door watervogels aanzienlijk kan zijn (Wood et al. 2012). Ook van terrestrische systemen weten we dat de effecten van begrazing op de vegetatiesamenstelling groot kunnen zijn (Bakker and Olff 2003, Bakker et al. 2006). Zowel het aantal Grauwe ganzen als het aantal Muskusratten is de afgelopen decennia sterk toegenomen en deze kunnen een aanzienlijke invloed

hebben op de oever en ondergedoken vegetatie. Hierdoor kan het zo zijn dat flexibel peil gunstig is voor uitbreiding en vestiging van oeverplanten en waterplanten maar dat de positieve effecten direct te niet gedaan worden door intensieve begrazing, o.a. door Grauwe ganzen, maar mogelijk ook andere grazende watervogels (Knobbelzwanen, Meerkoeten), vissen en of Muskusratten.

Daarom hebben we experimenteel de volgende vragen gesteld:
Is begrazing een limiterende factor voor de uitbreiding van water- en oeverplanten?
En beïnvloedt begrazing de soortensamenstelling op oevers?

Methode

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de tien studie gebieden. In elk gebied zijn vijf stukken oever geselecteerd in maart 2011. Een gedeelte van 6 x 3 meter werd afgerasterd met palen en gaas (2.5 cm maaswijdte) en touw, om alle mogelijke grazers buiten te sluiten. Het gaas stak gemiddeld 1 meter boven het water uit en werd aan de onderkant in de bodem vast gezet. Aan de bovenkant werd touw gespannen om te voorkomen dat vogels over de afrastering heen zouden vliegen. Op dezelfde oever werd een even groot plot gemarkeerd met alleen vier palen op de hoekpunten. Dit plot was vrij toegankelijk voor grazers. De beide plots bevonden zich op de overgang van de oever naar het water, waarbij de meeste oevers begroeid waren met Riet (*Phragmites australis*), Lisdodde (*Typha angustifolia*) of Zeebies. Minstens 50% van de oppervlakte van het plot bestond uit open water. De beide plots (met en zonder afrastering) werden zo gekozen dat ze vergelijkbaar in vegetatiesamenstelling en waterdiepte waren.

In april, mei, juni, juli en augustus 2011 en maart en juli 2012 werden vegetatieopnames gemaakt in alle plots. De abundantie van alle planten soorten in de middelste zone (6 x 0.75 m) werd gescoord met behulp van de Braun Blanquet schaal. Daarnaast is de afstand tussen de oever en verste waterplant gemeten als een maat voor uitbreiding van vegetatie. In juli 2011 en 2012 werd geteld hoeveel stengels van de 10 stengels aan de rand van de rietkraag sporen van vraat vertoonden.

Naast deze vegetatie opnames werden ook standaard testplanten uitgezet. Hierdoor konden we alle gebieden op eenzelfde manier vergelijken. In mei 2011 werden eenjarige Riet stekken (*Phragmites australis*) en de waterplant Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) geplant. Het Riet werd in 5 liter potten met potgrond geplant en op de rand van de oever ingezet op een waterdiepte van maximaal 0.5 m. Krabbenscheer werd uitgezet in het open water, op 4-5 m afstand van de oever en vastgebonden aan een stok om wegdrijven te voorkomen.

In juni, juli en augustus 2011 werd de groei van deze planten gemeten. Bij Riet werd het aantal stengels geteld en de lengte van 10 stengels gemeten en van Krabbenscheer werd het (nat) gewicht gemeten. In augustus 2011 werden alle planten geoogst, gedroogd en gewogen.

Tijdens deze proef hebben we ook een aantal omgevingsfactoren gemeten. Dit waren waterdiepte, lichtbeschikbaarheid, water temperatuur, pH en geleidingsvermogen (EGV) van het oppervlaktewater, de hoeveelheid algen, C, N en P gehalten in het water, troebelheid (Secchi) en golfslag. De relaties tussen deze omgevingsvariabelen en de natuurlijke uitbreiding van oever vegetatie is al eerder beschreven (Hoofdstuk 3).

Bij elk bezoek aan een gebied zijn het aantal watervogels (ganzen, eenden, zwanen en Meerkoeten) en het aantal grazers (koeien, schapen) geteld. Het aantal Muskusratten is bepaald met informatie van de muskusrattenvangers, beschikbaar per uurhok.

Resultaten

In april 2011, aan het begin van de proef, verschilden de afgerasterde, onbegraasde en de vrij toegankelijke, begraasde plots in geen enkel opzicht van elkaar. Eind 2011 (in juli) was de situatie al drastisch veranderd (Fig. 4.4). In de onbegraasde plots werd zo'n 15% meer bedekking met water en oeverplanten gevonden. Ook was de bedekking met waterplanten en het aantal soorten hoger in de afgerasterde plots (Fig. 4.5). De aangetroffen graassporen vertoonden het typische beeld van begrazing door watervogels (d.w.z. stengels die net boven de waterlijn waren afgebroken, en afgescheurde bladtoppen, Fig. 4.3).



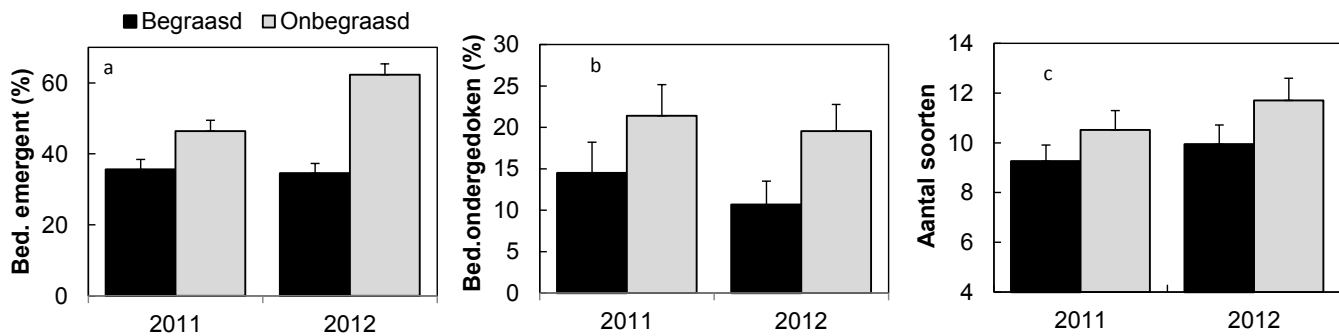
Figuur 4.3. Vraat aan lisdodde stengels in Loenderveen Oost.



Figuur 4.4. Foto's van de afrasteringen in 2011 en 2012.

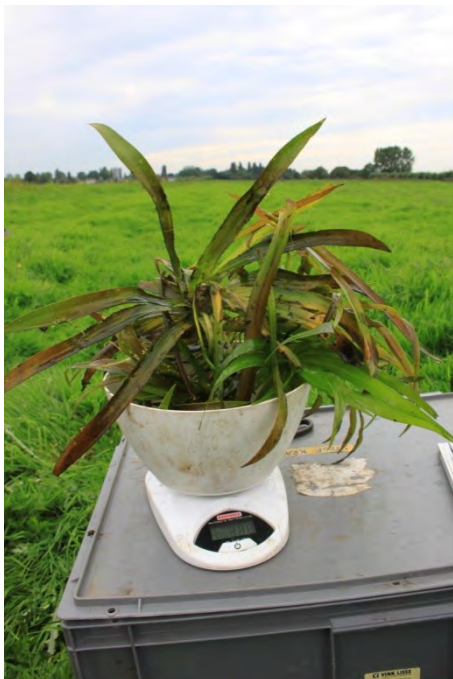
In 2012 was de begroeiing in de onbegraasde plots verder toegenomen (met een ruime 15%), terwijl de bedekking in de begraasde plots vergelijkbaar is met 2011 (Fig. 4.3). Wanneer de uitbreiding van de oever van 2011 naar 2012 wordt bekeken wordt duidelijk dat de ontwikkeling van de onbegraasde oevers stagneert, terwijl de oevervegetatie zich in de onbegraasde plots steeds verder uitbreidt (Fig. 2.3). Alleen in het Naardermeer, de Nieuw Keverdijkse polder en Oostelijke binnenpolder is de bedekking in de onbegraasde plots toegenomen. In de meeste gebieden is sprake van een stagnatie of zelfs een terugtrekkende oevervegetatie (Loenderveen). Begrazing kan dus inderdaad een belemmering vormen voor oeverplanten om zich uit te breiden. Zoals al eerder beschreven correleerde de uitbreiding van oevers buiten de afrastering met de aanwezigheid van muskusratten.

Het effect van begrazing was consequent aanwezig in alle gebieden. Alleen in de wat diepere gebieden zoals Botshol en Westbroek waren de verschillen tussen begraasde en onbegraasde plots kleiner. In deze gebieden wordt vooral de rietkraag aangegeten, terwijl de ondergedoken waterplanten en de vegetatie verder op de oever niet beïnvloedt worden door begrazing.

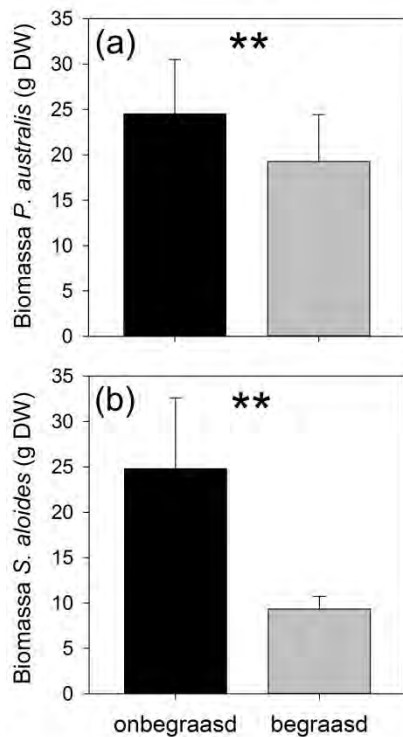


Figuur 4.5. Totale bedekking met a) emergente waterplanten (+standaard fout) b) ondergedoken waterplanten en c) totaal aantal soorten in de begraasde en onbegaasde stukken oever in 2011 en 2012.

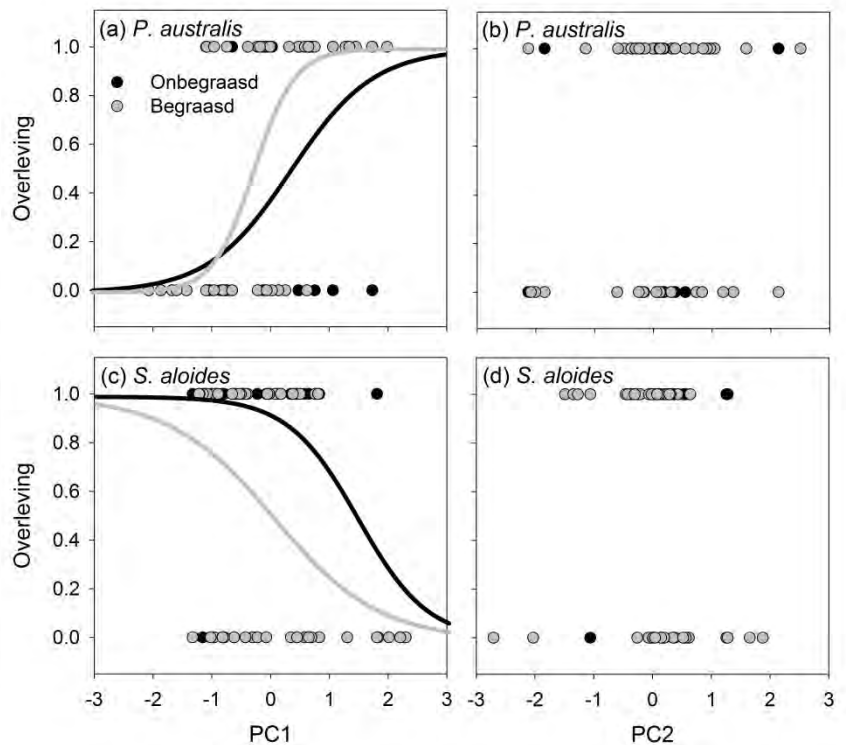
De proef met de testplanten bevestigt dit beeld (Fig. 4.7). Riet en Krabbenscheer deden het beter binnen de afrastering. Het effect van begrazing op zowel Riet als Krabbenscheer was niet afhankelijk van omgevingseigenschappen, maar zichtbaar in (vrijwel) alle gebieden. Wel bleek de overleving van de rietstekken sterk gerelateerd aan omgevingsfactoren, waarvan waterdiepte, licht en nutriëntenbeschikbaarheid het belangrijkste waren. In ondiep water (<30 cm) bij een hoge licht en nutriëntenbeschikbaarheid was de overleving van de rietstekken het hoogst (Fig. 4.8). De overleving van Krabbenscheer was ook gerelateerd aan omgevingsfactoren en was lager in ondiep water met een hoge nutriëntenbeschikbaarheid.



Figuur 4.6. Krabbenscheer testplant wordt gewogen bij de eindoogst in de Middelpolder. In de meeste gebieden maakten de testplanten veel nieuwe rozetten en groeiden ze flink gedurende de zomer.



Figuur 4.7. Biomassa in augustus 2011 van (a) Riet en (b) Krabbenscheer in begraasde en onbegraasde plots.



Figuur 4.8. Overleving van riet en krabbenscheer in relatie tot omgevingsfactoren. De omgevingsfactoren zijn samengevat tot PC-assen. PC-as 1 correleert sterk positief met waterdiepte, lichtbeschikbaarheid en nutriënten. De lijn geeft de relatie tussen de omgevingsfactoren en de kans op overleving weer, bepaald door logistische regressie. PC-as 2 correleert sterk positief met licht, pH en peil range, maar dit had geen invloed op de overlevingskansen.

4.3 Conclusies mogelijke belemmeringen

Op grond van de resultaten van het baggerexperiment in de Ronde Hoep is er geen conclusie te trekken over de interactie is tussen de beheersmaatregelen 'flexibel peil' en 'baggeren'. Het dient de aanbeveling om bij toekomstige bagger experimenten het terugvloeien van bagger in te perken of grotere aaneengesloten gebieden te baggeren.

Opvallend is dat in alle tien de studiegebieden in 2 jaar tijd verlanding plaatsvindt door uitbreiding van oevervegetaties in het water. Dit suggereert dat water- en bodemkwaliteit goed genoeg zijn om uitbreiding te laten plaats vinden. Het onderzoek laat zien dat vraat door aquatische grazers een belangrijke belemmering vormt voor de uitbreiding van oevervegetatie. Muskusratten, en gezien de vraatsporen, watervogels vormen de potentiële kandidaten.

5. Discussie

In deze studie hebben we de effecten van waterpeil fluctuaties onderzocht op oever- en waterplanten. We onderzochten verschillende fasen van vegetatie ontwikkeling: de aanspoeling van zaden, kieming, vestiging uit stekjes en uitbreiding van oevervegetatie door klonale groei.

Aanspoeling en kieming

De aanspoeling van zaden en het kiemen van soorten uit de zaadbank is een manier waardoor soorten zich kunnen vestigen in de vegetatie. Met name als de oever weinig begroeid is zal het binnenkomen van soorten door verspreiding via het water een belangrijke bijdrage leveren aan het vestigen van oevervegetatie. Dit is bijvoorbeeld het geval bij natuurvriendelijke oevers die net aangelegd zijn of stukken oever die door ijsgang of overstroming kaal geworden zijn. Uit de literatuurstudie blijkt dat de meeste oeverplanten optimaal kiemen als de bodem nat is, maar niet onder water staat. Dit is meestal bepaald door soorten oeverplanten bij verschillende waterniveaus te laten kiemen in containers (Casanova en Brock 2000; Boedeltje et al. 2002). Het was echter niet bekend, hoe flexibel peil de aanspoeling en kieming van oeverplanten beïnvloedt op een oever gradiënt, waar de soorten ruimtelijk worden blootgesteld aan verschillende vochtcondities die ook nog eens veranderen over de tijd. Ons onderzoek laat zien dat bij een afzakkend peil meer zaden worden afgezet en kiemen dan bij een vast peil. Hierdoor ontstaat een kiemplanten vegetatie met een hogere soortenrijkdom en diversiteit. Als de zaden al in de zaadbank aanwezig zijn dan kiemen er meer bij een afzakkend peil. Dit hebben we onderzocht door de zaadbank op oevers onder verschillende hellingshoek te laten kiemen bij vast en afzakkend peil. Het blijkt dat de hoeveelheid kiemplanten gerelateerd is aan de oppervlakte van de oever die droogvalt als het peil omlaag gaat. Hoe meer er droogvalt, hoe meer kiemplanten. Dit betekent dat door de oeverhelling flauwer te laten lopen en een grotere peilrange toe te staan, er meer kiemplanten aanspoelen en uit de zaadbank kunnen kiemen.

Waar flexibel peil dus een stimulans geeft voor de vestiging en kieming van oeverplanten op kale oevers, is het de vraag wat er gebeurt als deze oevers begroeid zijn, zoals in het veld vaak het geval is. Uit containerproeven blijkt dat licht snel een belemmerende factor is voor kieming als er al oeverplanten staan (Kotowski et al. 2010). Er zijn weinig veldstudies naar het effect van waterpeilfluctuatie op kieming van oever- en waterplanten. Vaak is er indirect bewijs voor het belang van waterpeil. In de veldstudie van Van Geest et al. (2005) wordt bijvoorbeeld aangetoond dat water- en oeverplanten het meeste voorkomen en de meest soortenrijke vegetaties vormen na droogval. Dit kan komen doordat droogval de kieming van deze planten stimuleert. Het kan echter ook zijn dat bodemwoelende vis verdwenen was na droogval en het lichtklimaat sterk verbeterd, waardoor de planten konden kiemen. Het is daarom moeilijk om uit veldstudies apart het effect van flexibel peil te bepalen. Om het effect van waterpeilfluctuatie op de kieming in het veld te testen hebben we een experiment uitgevoerd waarbij we zelf een zaadbank met oever- en waterplanten zaden in het veld brachten in tien studiegebieden met hele uiteenlopende peilfluctuaties. We vonden dat ook in het veld de meeste kieming plaats vond als het sediment droogviel, maar wel nat bleef. Daarnaast was licht de belangrijkste parameter: de meeste kieming vond plaats bij voldoende licht, maar niet teveel, zodat er geen verdroging plaats vond. Hieruit blijkt dat in een hoogopgaande vegetatie kieming moeilijk wordt omdat er te weinig licht is. Dit betekent dat de diversiteit van de oevervegetatie op natuurvriendelijke oevers direct na aanleg hoog kan zijn als veel zaden aanspoelen

en kiemen. Als er echter na verloop van tijd een dichte vegetatie ontstaat of verruiging optreedt, kan de vegetatie uiteindelijk soortenarm zijn, doordat de lagere soorten verdwijnen bij gebrek aan licht en soorten niet snel meer zullen kiemen. Als er regelmatig nieuwe open plekken kunnen ontstaan bijvoorbeeld door overstroming of ijsgang, zouden er weer nieuwe vestigingsmogelijkheden voor kiemplanten kunnen komen. Enige dynamiek in de oeverzone is dus goed voor de vestiging van nieuwe soorten. Hoewel de rol van dispersie en kieming voor de uiteindelijke vegetatie samenstelling nog onduidelijk is (Bakker et al. 2013), zijn er wel studies die laten zien dat bij een grotere aanvoer van zaden en stekjes er ook een soortenrijkere vegetatie ontstaat (Jansson et al. 2005). Het bieden van mogelijkheden voor kolonisatie van nieuwe soorten door peilfluctuaties is in beginsel dus gunstig voor de soortenrijkdom van de oevervegetatie.

Uitbreiding oevervegetatie en verlanding

Uit onderzoek blijkt dat in Nederland verlanding in het laagveen nog maar weinig optreedt (Sarneel et al. 2011). Redenen die hiervoor worden genoemd zijn slechte water- en bodemkwaliteit door eutrofiering, gebrek aan peildynamiek, toxiciteit van strooisel in rietoevers, en begrazing door muskusratten (Van der Putten et al. 1997; Geurts et al. 2008; Sarneel et al. 2010; Sarneel et al. 2011). De rol van flexibel peil is onduidelijk. Petgaten in Nederland kennen bijvoorbeeld al lang een vast peil, en het zou kunnen dat karakteristieke kraggevormende soorten in dit habitat als bijvoorbeeld Krabbenscheer en Slangewortel, het juist goed doen bij een vast peil (Lamers et al. 2002). Gebrek aan verlanding kan echter ook veroorzaakt worden doordat er te weinig waterdynamiek is in de oeverzone, de oevers te bemest en verruigd en er geen ruimte is voor kraggevormende soorten om het water in te groeien omdat de oevers steil zijn en het water te diep is. In een veldexperiment onderzochten wij in tien studiegebieden met verschillende peilregimes en oevermorfologie of de oevervegetatie zich uitbreidt het water in. We vonden dat in alle tien gebieden de oevervegetatie zich in twee jaar tijd uitbreidde het water in, binnen kooien die we geplaatst hadden om grazers uit te sluiten. Dit geeft aan dat in principe de water- en bodemkwaliteit in deze gebieden goed genoeg is om uitbreiding van de oevervegetatie te laten plaats vinden en dit zelfs opmerkelijk snel gebeurde. Een zelfde resultaat vonden we voor Krabbenscheer, die we in alle tien de studiegebieden hebben uitgezet. In alle tien gebieden groeide Krabbenscheer goed gedurende de zomer. De mate van uitbreiding van de oevervegetatie was gerelateerd aan waterdiepte, hoe ondieper hoe sneller het ging. Waterpeil fluctuaties had geen eigen effect, maar mogelijk een effect via waterdiepte: bij uitzakkend peil wordt het water ondieper wat tijdens het groeiseizoen de uitbreiding van oevervegetatie kan stimuleren. Het effect van flexibel peil kan daardoor afhangen van de oevermorfologie en waterdiepte: uitzakkend peil zal minder effect hebben bij steile oevers en diep water. Hoewel het uitbreiden van de oevervegetatie nu al opvallend snel plaatsvond, zal over de jaren het effect van peilfluctuaties in de studiegebieden duidelijker worden, aangezien in een aantal gebieden het peilregime nog maar net veranderd was. De verlanding door karakteristieke kraggevormende soorten zoals Waterdrieblad, Slangewortel, Wateraardbei en Grote boterbloem hebben we niet goed kunnen bestuderen in het veld, omdat deze soorten meestal niet algemeen aanwezig zijn. In een proefvijver experiment konden we laten zien dat kraggevormende soorten verschillend reageren op peilwisselingen en voedselrijkdom van het sediment. Dit was een kortlopend experiment, waardoor het effect van waterpeilfluctuaties in het veld op deze soorten op

de langere termijn nog onzeker is. Het is wel belangrijk om dit beter uit te zoeken omdat het ongewenst is als er door peilfluctuaties belangrijke soorten achteruit gaan.

Afzakkend versus opkomend peil

Dit onderzoek heeft zich voornamelijk gericht op een peilbeheer waarbij het water 's winters hoog staat en 's zomers kan uitzakken, waarbij de vegetatie ontwikkeling in de voorjaars- en zomerfase de aandacht heeft gekregen. Echter, in het geval van een hoger peil in de winter dan bij vast peil het geval zou zijn, kunnen ook effecten op de oeverplanten optreden. Een hoger winterpeil zal zorgen voor zaadverspreiding hoger op de oever en kan bij langdurige overstroming zorgen voor het lokaal afsterven van oevervegetatie. Hierdoor kunnen ruimte en optimale lichtomstandigheden ontstaan voor de kieming en vestiging van oeverplanten. Ook kunnen soorten die van nattere omstandigheden houden tijdelijk een voordeel hebben ten opzichte van gevestigde dominante soorten. Dit leek op te treden in Loenderveen, waar in het voorjaar van 2012 Dotterbloemen het heel goed deden in de rietkraag die 's winters onder water was komen te staan door het nieuw ingestelde flexibel peilbeheer (persoonlijke mededeling G. Ter Heerdt van Waternet).

Begrazing en schaalgrootte

Binnen het onderzoek is apart aandacht geschonken aan factoren die de uitbreiding van oevervegetatie en de respons op peilfluctuaties konden beïnvloeden. Hiervoor is met name gekeken naar begrazing door watervogels, muskusratten en vee. Ganzen, met name Grauwe ganzen, kunnen een sterk effect hebben op oeverplanten in de winter (Esselink et al., Coops et al. 2004, Vulink et al. 2010, Chaichana et al. 2011). In de studiegebieden lijkt het echter dat winterbegrazing op wortelstokken weinig voorkomt, maar met name in de ruitijd veel Grauwe ganzen de oevervegetatie opzoeken. Ook zitten er veel Knobbelzwanen en muskusratten, samen waarschijnlijk de belangrijkste grazers op oever- en waterplanten, hoewel er weinig bewijs is voor hun afzonderlijke effecten. Sarneel et al. (2011) vinden een correlatie tussen de dichtheid aan muskusratten en het gebrek aan verlanding, wat een aanwijzing zou kunnen zijn voor het belang van muskusratten begrazing, maar uiteindelijk geen bewijs is. In sommige onderzoeksgebieden liep vee (schapen en koeien) die echter niet altijd bij de oeverplanten konden komen.

We plaatsten kooien om de grazers buiten te sluiten en zo te testen of zij de ontwikkeling van oevervegetatie tegen gaan. We vonden dat in de meeste gebieden de oevervegetatie in twee jaar tijd het water in groeide binnen de kooien, maar daar buiten niet of niet zo snel. Grazers hadden dus een sterk remmend effect op de uitbreiding van oevervegetatie. Uitbreiding van de oevervegetatie was echter wel mogelijk in de aanwezigheid van grazers. Met name in gebieden met ondiep water breidde de oevervegetatie zich wel uit onder begrazing, alleen langzamer dan wanneer grazers uitgesloten waren. Flexibel peil zou hier wellicht de uitbreiding van oevervegetatie kunnen stimuleren door het water ondieper te maken in combinatie met een flauwe oever om de uitbreidingssnelheid van de oevervegetatie te vergroten en zo toch netto uitbreiding te houden ondanks begrazing. In gebieden met erg veel vraat kan zelfs dit niet helpen en zal eerder iets aan de populatie grazers gedaan moeten worden om de uitbreiding van oevervegetatie te stimuleren. Hierbij hangt het er sterk vanaf welke grazers het meeste effect hebben op de uitbreiding van de oevervegetatie. Uit ons onderzoek komt een correlatie met de dichtheid van muskusratten naar voren: meer muskusratten is gerelateerd aan minder oeverplanten uitbreiding. We vonden geen relatie met de watervogeldichtheden, maar er moet opgemerkt worden dat het heel erg moeilijk is

om de graasdruk van watervogels op oeverplanten betrouwbaar in te schatten. Ganzen en zwanen grazen zowel op grasland als op oeverplanten, waardoor hun aanwezigheid geen goede indicatie is voor graasdruk op oeverplanten omdat ze zowel gras als oeverplanten kunnen eten. Ook kunnen ze in heel weinig tijd een rietkraag kaal grazen, wat zelfs zeer frequente tellingen niet kunnen vastleggen. Nader onderzoek zou kunnen uitwijzen of het met name onderwater begrazing (muskusratten) of bovenwater (ganzen en zwanen) begrazing is wat het meeste effect heeft op de oeverplanten door verschillende typen kooien te plaatsen. Als bekend is welke grazer de effecten met name veroorzaakt is het mogelijk gericht maatregelen te nemen indien dat gewenst is.

Een alternatief voor gericht populatie beheer van de grazers ter bescherming van oevervegetatie is potentieel gelegen in de landschappelijke context waarbinnen de oevervegetatie ligt. In de Oostvaardersplassen is het met behulp van cyclisch peilbeheer mogelijk om op grote schaal Riet te laten kiemen door droogval in het voorjaar en vervolgens de vegetatie te beschermen tegen vraat op ondergrondse delen van de planten in het najaar en de winter door het water minstens 50 cm diep te maken (Vulink et al. 2010). Onze indruk is dat winterbegrazing door Grauwe ganzen op wortelstokken in onze studiegebieden minder belangrijk is, waar dit in gebieden als het Volkerak-Zoommeer en de Oostvaardersplassen uiteindelijk de reden is voor het lokaal of helemaal verdwijnen van de rietvegetatie (Vulink et al. 2010). Door regulatie van de graasdruk door Grauwe ganzen is gebleken dat ze in grootschalige rietgebieden zelfs een positief effect kunnen hebben op de vegetatie ontwikkeling in het moeras en de moerasvogels door dichte rietgebieden wat open te grazen (Vulink et al. 2009). Dit vereist een groot gebied en de mogelijkheid het peilbeheer af te stemmen op de dynamiek van de rietontwikkeling. In de studiegebieden binnen ons onderzoek is dit vaak niet mogelijk. Veel gebieden zijn klein en verweven gelegen met grasland. Deze configuratie is voor Grauwe ganzen ideaal, aangezien ze om te broeden en te ruïen het water kunnen gebruiken en om te grazen het grasland en de oevervegetatie. Het peilbeheer moet afgestemd worden op de diverse functies van de gebieden. Het is interessant om te onderzoeken of landschapsconfiguratie invloed heeft op de graasdruk op de oevervegetatie en of meer aaneengesloten en grotere gebieden relatief minder intensieve begrazing hebben.

Effect van flexibel peil op de ontwikkeling van oever- en waterplanten vegetatie

Uit ons onderzoek blijkt dat flexibel peil in de vorm van zakkend peil in de zomer positieve effecten kan hebben op de ontwikkeling van de oever- en waterplanten vegetatie. Uiteindelijk zal dit effect ook afhangen van de effecten van het peilregime op de waterkwaliteit en hydrologie aangezien beide belangrijk zijn voor de lange termijn ontwikkeling van de vegetatie. Meer hierover is te lezen in het deelrapport van B-WARE (B-WARE. 2012. Interne bodem-processen en waterkwaliteit, Smolders et al. 2012) en de deelrapporten van Deltares (Deltares. Hydrologie. 2012, Borren et al. 2012). Door de korte looptijd van dit project (2 jaar) zijn verschuivingen in de vegetatiesamenstelling als gevolg van het instellen van flexibel peil nog niet goed vast te leggen. Vervolgmonitoring in de studiegebieden waar nu flexibel peil is ingesteld zal moeten laten zien wat de langere termijn effecten van flexibel peil op de vegetatie ontwikkeling en samenstelling zijn.

Geciteerde literatuur

- Azza, N., P. Denny, J. van de Koppel, and F. Kansime. 2006. Floating mats: their occurrence and influence on shoreline distribution of emergent vegetation. *Freshwater Biology* **51**:1286-1297.
- Bakker, E. S. and H. Olf. 2003. Impact of different-sized herbivores on recruitment opportunities for subordinate herbs in grasslands. *Journal of Vegetation Science* **14**:465-474.
- Bakker, E. S., E. Van Donk, S. A. J. Declerck, N. R. Helmsing, B. Hidding, and B. A. Nolet. 2010. Effect of macrophyte community composition and nutrient enrichment on plant biomass and algal blooms. *Basic and Applied Ecology* **11**:432-439.
- Bakker, E. S., M. E. Ritchie, H. Olf, D. G. Milchunas, and J. M. H. Knops. 2006. Herbivore impact on grassland plant diversity depends on habitat productivity and herbivore size. *Ecology Letters* **9**:780-788.
- Bakker, L. 2010. Effect van zomerbegrazing door Grauwe ganzen op de uitbreiding van waterriet. *De Levende Natuur* **111**: 57-59.
- Bakker, E. S., J. M. Sarneel, R. D. Gulati, Z. Liu and E. Van Donk. 2013. Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. *Hydrobiologia* in press.
- Baskin, C., J. Baskin, and E. Chester. 2002. Effects of flooding and temperature on dormancy break in seeds of the summer annual mudflat species *Ammannia coccinea* and *Rotala ramosior* (Lythraceae). *Wetlands* **22**:661-668.
- Beltman, B., W.A. Weijs and J. M. Sarneel. 2008. Werken de KRW- en Natura 2000-criteria voor sloten en veenplassen? *H2O*. **8**: 25-27.
- Birch, H. F. 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil* **10**:9-31.
- Boedeltje, G., G. N. J. ter Heerdt and J. P. Bakker. 2002. Applying the seedling-emergence method under waterlogged conditions to detect the seed bank of aquatic plants in submerged sediments. *Aquatic Botany* **72**: 121-128.
- Bornette, G. and S. Puijalon. 2011. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences* **73**:1-14.
- Borren, W. et al. 2012. Flexpeil Hydrologie deelrapport A t/m D. Deltares. 1202707-001-BGS-0003 t/m 0006.
- Casanova, M. T. and M. A. Brock. 2000. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? *Plant Ecology* **147**:237-250.
- Chaichana R., R. Leah and Brian Moss. 2011. Seasonal impact of waterfowl on communities of macrophytes in a shallow lake. *Aquatic Botany* **95**:39-44.
- Coops, H., J. T. Vulink, and E. H. van Nes. 2004. Managed water levels and the expansion of emergent vegetation along a lakeshore. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* **34**:57-64.
- Dingemans, B. J. J., E. S. Bakker and P.E. Bodelier. 2011. Aquatic herbivores facilitate the emission of methane from wetlands. *Ecology* **92**: 1166-1173.
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z.-I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Leveque, R. J. Naiman, A.-H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny, and C. A. Sullivan. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* **81**:163-182.
- Ellenberg, H. E., Weber, R., Düll, V., Wirth, W., Werner, D., Paulißen. 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. 2. verbesserte und erweiterte Auflage. *Scripta geobotanica*, 18. Erich Goltze: Göttingen.
- Esselink, P., G. J. F. Helder, B. A. Aerts, and K. Gerdes. 1997. The impact of grubbing by Greylag Geese (*Anser anser*) on the vegetation dynamics of a tidal marsh. *Aquatic Botany* **55**:261-279.

- Fouque, C., M. Guillemain, M. Benmergui, G. Delacour, J. Y. Mondain-Monval, and V. Schricke. 2007. Mute swan (*Cygnus olor*) winter distribution and numerical trends over a 16-year period (1987/1988-2002/2003) in France. *Journal of Ornithology* **148**:477-487.
- Gayet, G., M. Guillemain, H. Fritz, F. Mesleard, C. Begnis, A. Costiou, G. Body, L. Curtet, and J. Broyer. 2011. Do mute swan (*Cygnus olor*) grazing, swan residence and fishpond nutrient availability interactively control macrophyte communities? *Aquatic Botany* **95**:110-116.
- Geurts, J. J. M., A. J. P. Smolders, J. T. A. Verhoeven, J. G. M. Roelofs, and L. P. M. Lamers. 2008. Sediment Fe:PO₄ ratio as a diagnostic and prognostic tool for the restoration of macrophyte biodiversity in fen waters. *Freshwater Biology* **53**: 2101-2116.
- Greet, J. O. E., J. Angus Webb, and R. D. Cousens. 2011. The importance of seasonal flow timing for riparian vegetation dynamics: a systematic review using causal criteria analysis. *Freshwater Biology* **56**:1231-1247.
- Hidding, B., R. Brederveld, and B. Nolet. 2010. How a bottom-dweller beats the canopy: inhibition of an aquatic weed (*Potamogeton pectinatus*) by macroalgae (*Chara* spp.). *Freshwater Biology* **55**:1758–1768.
- Jansson, R., U. Zinko, D.M. Merritt, and C. Nilsson. 2005. Hydrochory Increases Riparian Plant Species Richness: A Comparison between a Free-Flowing and a Regulated River. *Journal of Ecology* **93**: 1094-1103
- Jones, C. G., J. H. Lawton, and M. Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* **69**:373–386.
- Kotowski, W., O. Beauchard, W. Opdekamp, P. Meire and R. Van Diggelen. 2010. Waterlogging and canopy interact to control species recruitment in floodplains. *Functional Ecology* **24**: 918-926.
- Laan, P. and Blom, C.W.P.M. 1990. Growth and survival responses of *Rumex* species to flooded and submerged conditions – the importance of shoot elongation, underwater photosynthesis and reserve carbohydrates. *Journal of Experimental Botany* **41**: 775-783
- Lamers, L. P. M., A. J. P. Smolders, and J. G. M. Roelofs. 2002. The restoration of fens in the Netherlands. *Hydrobiologia* **478**:107-130.
- Leyer, I. 2005. Predicting plant species' responses to river regulation: the role of water level fluctuations. *Journal of Applied Ecology* **42**:239-250.
- Mommer, L., Lenssen, J. P. M., Huber, H., Visser, E. J. W. and De Kroon, H. 2006. Ecophysiological determinants of plant performance under flooding: a comparative study of seven plant families. *Journal of Ecology* **94**:1117-1129.
- Moravcová, L., P. Zákavský, and Z. Hroudová. 2001. Germination and seedling establishment in *Alisma gramineum*, *A. plantago-aquatica* and *A. lanceolatum* under different environmental conditions. *Folia Geobotanica* **36**:131-146.
- Musil, P. and R. Fuchs. 1994. Changes in abundance of water birds species in southern bohemia (Czech-republic) in the last 10 years. *Hydrobiologia* **280**:511-519.
- Naiman, R. J., H. Decamps, and M. Pollock. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* **3**:209-212.
- Nilsson, C., R. L. Brown, R. Jansson, and D. M. Merritt. 2010. The role of hydrochory in structuring riparian and wetland vegetation. *Biological Reviews* **85**:837-858.
- Pot, R. 2012. QBWat, programma voor beoordeling van de biologische waterkwaliteit volgens de Nederlandse maatlatten voor de Kaderrichtlijn Water.
- Raulings, E. J., K. Morris, M. C. Roache, and P. I. Boon. 2010. The importance of water regimes operating at small spatial scales for the diversity and structure of wetland vegetation. *Freshwater Biology* **55**:701-715.
- Remsburg, A. J. and M. G. Turner. 2009. Aquatic and terrestrial drivers of dragonfly (Odonata) assemblages within and among north-temperate lakes. *Journal of the North American Benthological Society* **28**:44-56.
- Sabo, J. L., R. Sponseller, M. Dixon, K. Gade, T. Harms, J. Heffernan, A. Jani, G. Katz, C. Soykan, J. Watts, and J. Welter. 2005. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. *Ecology* **86**:56-62.

- Sarneel, J. M. and M. B. Soons. 2012. Post-dispersal probability of germination and establishment on the shorelines of slow-flowing or stagnant water bodies. *Journal of Vegetation Science* **23**:517-525.
- Sarneel, J. M., B. Beltman, A. Buijze, R. Groen, and M. B. Soons. in press. The role of wind in the dispersal of floating seeds in slow flowing or stagnant water bodies. *Journal of Vegetation Science*.
- Sarneel, J. M., J. J. M. Geurts, B. Beltman, L. P. M. Lamers, M. M. Nijzink, M. B. Soons, and J. T. A. Verhoeven. 2010. The Effect of Nutrient Enrichment of Either the Bank or the Surface Water on Shoreline Vegetation and Decomposition. *Ecosystems* **13**:1275-1286.
- Sarneel, J. M., M. B. Soons, J. J. M. Geurts, B. Beltman, and J. T. A. Verhoeven. 2011. Multiple effects of land-use changes impede the colonization of open water in fen ponds. *Journal of Vegetation Science* **22**:551-563.
- Semlitsch, R. D. and J. R. Bodie. 2003. Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles. *Conservation Biology* **17**:1219-1228.
- Smit, C., E. S. Bakker, M. E. F. Apol, and H. Olff. 2010. Effects of cattle and rabbit grazing on clonal expansion of spiny shrubs in wood-pastures. *Basic and Applied Ecology* **11**:685-692.
- Smolders, A.J.P. 2012. Effecten van flexibel peilbeheer op interne bodemprocessen en waterkwaliteit. B-WARE.
- Soomers, H., D. N. Winkel, Y. Du, and M. J. Wassen. 2010. The dispersal and deposition of hydrochorous plant seeds in drainage ditches. *Freshwater Biology* **55**:2032-2046.
- STOWA. 2010. Handboek hydrologie: alles wat een waterschap nodig heeft voor betrouwbare ecologische beoordeling oppervlaktewateren. Stowa, Amersfoort.
- STOWA. 2012. Hoofdrapport Flexibel peilbeheer.
- Van de Meutter, F., R. Stoks, and L. De Meester. 2006. Lotic dispersal of lentic macroinvertebrates. *Ecography* **29**:223-230.
- Van der Jeugd, H. P., G. Eichhorn, K. E. Litvin, J. Stahl, K. Larsson, A. J. van der Graaf, and R. H. Drent. 2009. Keeping up with early springs: rapid range expansion in an avian herbivore incurs a mismatch between reproductive timing and food supply. *Global Change Biology* **15**:1057-1071.
- Van der Putten, W. H. 1997. Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of the European Research Programme on Reed Die-Back and Progression (1993-1994). *Aquatic Botany* **59**:263-257.
- Van Geest, G. J., H. Wolters, F. C. J. M. Roozen, H. Coops, R. M. M. Roijackers, A. D. Buijze, and M. Scheffer. 2005. Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes. *Hydrobiologia* **539**:239-248
- Verberk, W. C. E. P. and H. Esselink. 2007. Onderzoeksmonitoring effecten van baggeren in laagveenwateren op watermacrofauna. OBN Eindrapportage, nr. 2007/082-O. DK-LNV.
- Verberk, W. C. E. P. Kuper, J., Lamers, L., Christianen, M. And H. Esselink. 2007. Restoring fen water bodies by removing accumulated organic sludge: what are the effects for aquatic macroinvertebrates? In: Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society 18: 115-124.
- Voesenek, L.A.C.J., Rijnders, J.H.G.M., Peeters, A.J.M., Van de Steeg, H.M.V. and De Kroon, H. 2004. Plant hormones regulate fast shoot elongation under water: From genes to communities. *Ecology* **85**: 16-27
- Vulink, J. T., M. R. van Eerden, M. Platteeuw en M. Roos. 2009. De Oostvaardersplassen, deel 1. Waterpeil en begrazing sturen het systeem. *Landschap* **26**: 109-120.
- Vulink, T., M. Tosserams, J. Daling, H. van Manen en M. Zijlstra. 2010. Begrazing door Grauwe ganzen is een bepalende factor voor ontwikkeling van oevervegetatie in Nederlandse wetlands. *De Levende Natuur* **111**:52-56.
- Wood, K. A., R. A. Stillman, R. T. Clarke, F. Daunt, and M. T. O'Hare. 2012. The impact of waterfowl herbivory on plant standing crop: a meta-analysis. *Hydrobiologia* **686**:157-167.

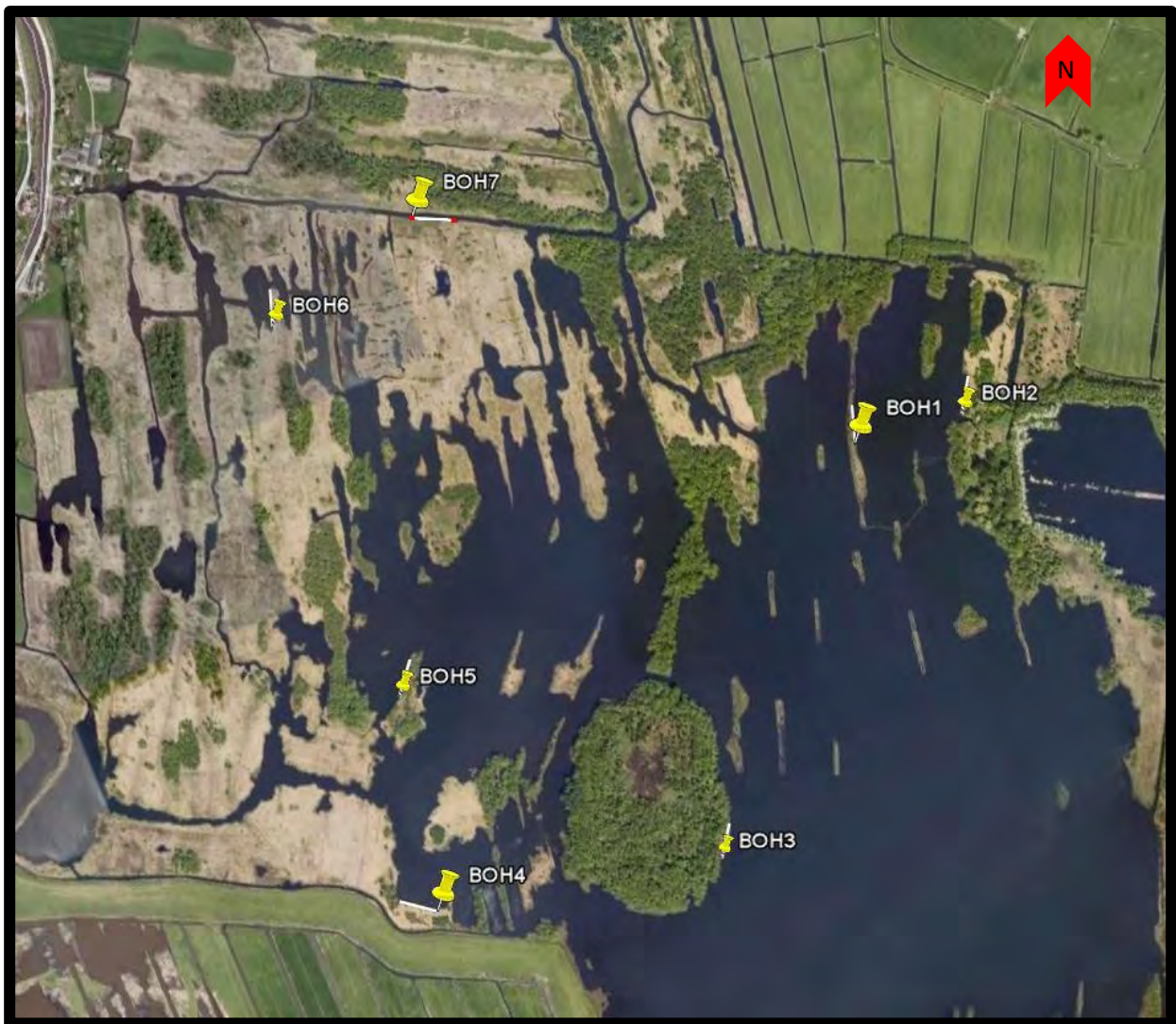
Bijlage 1. Gebruikte artikelen in de literatuurstudie

- Benvenuti, S., G. Dinelli, and A. Bonetti. 2004. Germination ecology of *Leptochloa chinensis*: a new weed in the Italian rice agro-environment. *Weed Research* 44:87-96.
- Bissels, S., T. W. Donath, N. Hölzel, and A. Otte. 2006. Effects of different mowing regimes on seedling recruitment in alluvial grasslands. *Basic and Applied Ecology* 7:433-442.
- Charpentier, A., F. Mesléard, and P. Grillas. 1998. The role of water level and salinity in the regulation of *Juncus gerardi* populations in former ricefields in southern France. *Journal of Vegetation Science* 9:361-370.
- Chauhan, B. S. and D. E. Johnson. 2009. *Ludwigia hyssopifolia* emergence and growth as affected by light, burial depth and water management. *Crop Protection* 28:887-890.
- Coops, H. and G. van der Velde. 1995. Seed dispersal, germination and seedling growth of six helophyte species in relation to water-level zonation. *Freshwater Biology* 34:13-20.
- Cornaglia, P. S., G. E. Schrauf, and V. A. Deregibus. 2009. Flooding and grazing promote germination and seedling establishment in the perennial grass *Paspalum dilatatum*. *Austral Ecology* 34:343-350.
- Dacasa Rüdinger, M. C. and A. Dounavi. 2008. Underwater germination potential of common ash seed (*Fraxinus excelsior* L.) originating from flooded and non-flooded sites. *Plant Biology* 10:382-387.
- Elsy-Quirk, T., B. A. Middleton, and C. E. Proffitt. 2009. Seed flotation and germination of salt marsh plants: The effects of stratification, salinity, and/or inundation regime. *Aquatic Botany* 91:40-46.
- Evans, C. E. and J. R. Etherington. 1990. The effect of soil water potential on seed germination of some British plants. *New Phytologist* 115:539-548.
- Geissler, K. and A. Gzik. 2010. Germination ecology of three endangered river corridor plants in relation to their preferred occurrence. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 205:590-598.
- Gomes, P. B., I. F. M. Válio, and F. R. Martins. 2006. Germination of *Geonoma brevispatha* (Arecaceae) in laboratory and its relation to the palm spatial distribution in a swamp forest. *Aquatic Botany* 85:16-20.
- Hölzel, N. and A. Otte. 2004. Ecological significance of seed germination characteristics in flood-meadow species. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 199:12-24.
- Hroudová, Z. and P. Zákravský. 2003. Germination responses of diploid *Butomus umbellatus* to light, temperature and flooding. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 198:37-44.
- Hroudová, Z., P. Zákravský, and O. Čechurová. 2004. Germination of seed of *Alisma gramineum* and its distribution in the Czech Republic. *Preslia* 76:97-118.
- Jensch, D. and P. Poschlod. 2008. Germination ecology of two closely related taxa in the genus *Oenanthe*: Fine tuning for the habitat? *Aquatic Botany* 89:345-351.
- Jones, R. J. 2002. Effect of duration of flooding on germination and emergence of sown *Stylosanthes* seed. *Tropical Grasslands* 36:97-101.
- Kellogg, C. H., S. D. Bridgham, and S. A. Leicht. 2003. Effects of water level, shade and time on germination and growth of freshwater marsh plants along a simulated successional gradient. *Journal of Ecology* 91:274-282.
- King, S. E. and J. B. Grace. 2000. The effects of soil flooding on the establishment of cogongrass (*Imperata cylindrica*), a nonindigenous invader of the southeastern United States. *Wetlands* 20:300-306.
- Kolb, R. M. and C. A. Joly. 2010. Germination and anaerobic metabolism of seeds of *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC subjected to flooding and anoxia. *Flora* 205:112-117.
- Kotowski, W., O. Beauchard, W. Opdekamp, P. Meire, and R. van Diggelen. 2010. Waterlogging and canopy interact to control species recruitment in floodplains. *Functional Ecology* 24:918-926.

- Leck, M. A. 1996. Germination of macrophytes from a Delaware River tidal freshwater wetland. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 123:48-67.
- Lenssen, J. P. M., G. E. ten Dolle, and C. W. P. M. Blom. 1998. The effect of flooding on the recruitment of reed marsh and tall forb plant species. *Plant Ecology* 139:13-23.
- Li, Y. Z., C. M. Zhang, Y. H. Xie, and F. Liu. 2009. Germination of *Deyeuxia angustifolia* as affected by soil type, burial depth, water depth and oxygen level. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 14:537-545.
- Martinez, M. L., G. Vazquez, D. A. White, G. Thivet, and M. Brengues. 2002. Effects of burial by sand and inundation by fresh- and seawater on seed germination of five tropical beach species. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique* 80:416-424.
- Moravcová, L., P. Zákavský, and Z. Hroudová. 2001. Germination and seedling establishment in *Alisma gramineum*, *A. plantago-aquatica* and *A. lanceolatum* under different environmental conditions. *Folia Geobotanica* 36:131-146.
- Nishihiro, J., S. Araki, N. Fujiwara, and I. Washitani. 2004. Germination characteristics of lakeshore plants under an artificially stabilized water regime. *Aquatic Botany* 79:333-343.
- Nygaard, B. and R. Ejrnaes. 2009. The impact of hydrology and nutrients on species composition and richness: evidence from a microcosm experiment. *Wetlands* 29:187-195.
- Parolin, P. 2001. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-rich and nutrient-poor Central Amazonian floodplains. *Aquatic Botany* 70:89-103.
- Pérez-Ramos, I. M. and T. Marañón. 2009. Effects of waterlogging on seed germination of three Mediterranean oak species: Ecological implications. *Acta Oecologica* 35:422-428.
- Pierce, A. R. and S. L. King. 2007. The effects of flooding and sedimentation on seed germination of two bottomland hardwood tree species. *Wetlands* 27:588-594.
- Ponzio, K. J., S. J. Miller, and M. A. Lee. 1995. Germination of sawgrass *Cladium jamaicense* crantz, under varying hydrologic conditions. *Aquatic Botany* 51:115-120.
- Roth, S., T. Seeger, P. Poschlod, J. Pfadenhauer, and M. Succow. 1999. Establishment of helophytes in the course of fen restoration. *Applied Vegetation Science* 2:131-136.
- Souza, A. F. D., A. C. S. D. Andrade, F. N. Ramos, and M. B. Loureiro. 1999. Ecophysiology and morphology of seed germination of the neotropical lowland tree *Genipa americana* (Rubiaceae). *Journal of Tropical Ecology* 15:667-680.
- Stockey, A. and R. Hunt. 1994. Predicting Secondary Succession in Wetland Mesocosms on the Basis of Autecological Information on Seeds and Seedlings. *Journal of Applied Ecology* 31:543-559.
- Unger, I. M., R. M. Muzika, and P. P. Motavalli. 2010. The effect of flooding and residue incorporation on soil chemistry, germination and seedling growth. *Environmental and Experimental Botany* 69:113-120.
- Urquhart, G. 2004. Flood-tolerance and flood-escape mechanisms for seeds and seedlings of common swamp trees of Central America. *Tropical Ecology* 45:197-208.
- Van den Broek, T. and B. Beltman. 2006. Germination and seedling survival in fens undergoing succession. *Plant Ecology* 185:221-237.
- Weiher, E. and P. A. Keddy. 1995. The Assembly of Experimental Wetland Plant Communities. *Oikos* 73:323-335.

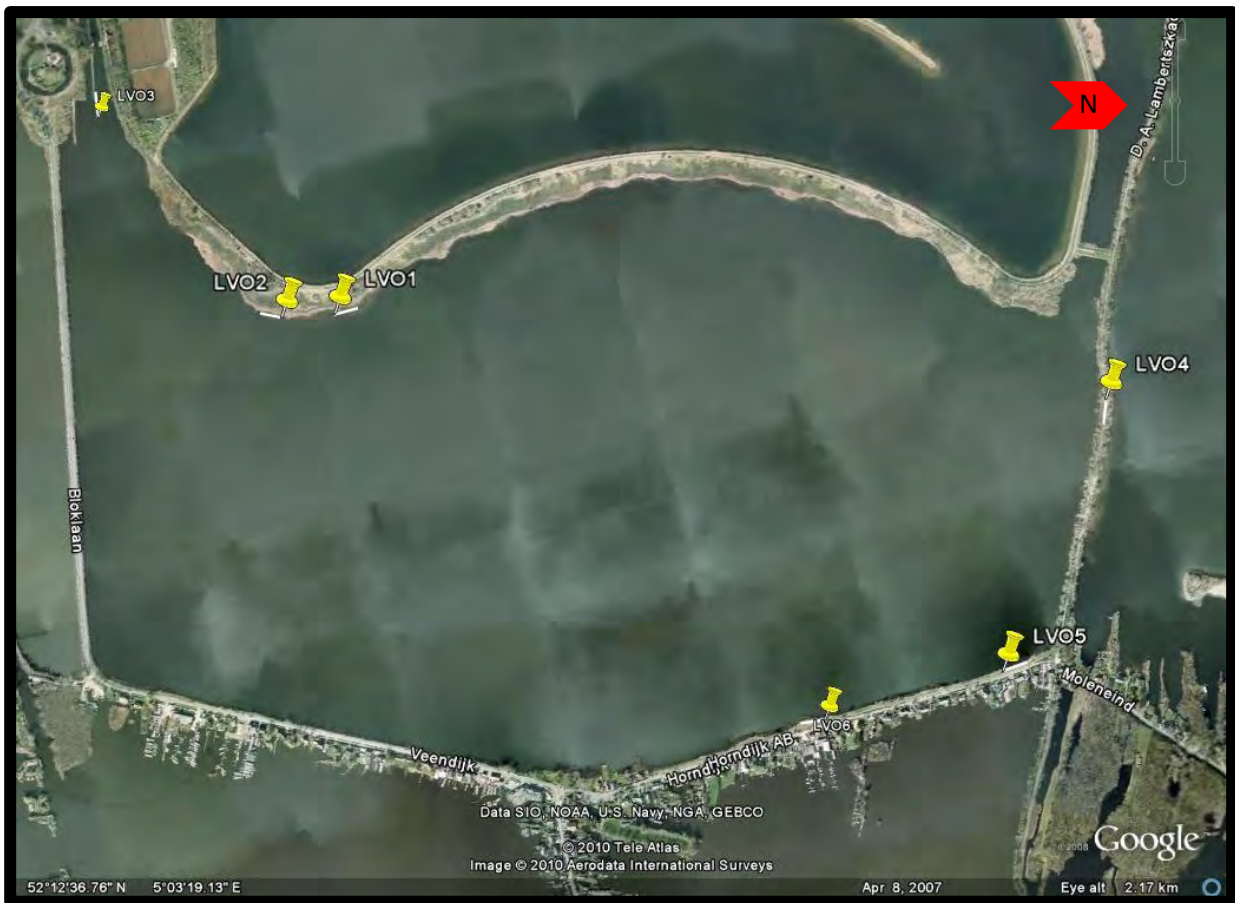
Bijlage 2: kaarten van vegetatie raaien

BOTSHOL - BOH



code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
BOH 1	52,15'02,7"	04,55'48,7"	50	Punt 2 van waterproef, start t.h.v. GPSpunt. Dan richting noorden.
BOH 2	52,15'03,1"	04,55'56,0"	50	Punt 3 waterproef, start bij paaltje en Els, dan noordwaards.
BOH 3	52,14'49,3"	04,55'29,3"	50	Punt 5 waterproef, start bij meerstammige Els en richting noorden.
BOH 4	52,14'51,5"	04,55'10,2"	50	Punt 7 waterproef, start op de hoek bij Els en richting westen.
BOH 5	52,15'00,3"	04,55'13,3"	50	Punt 6 waterproef, start thv Elzenbosje en richting Noorden.
BOH 6	52,15'17,3"	04,55'14,8"	50	Punt 9 waterproef, start in de hoek van petgat tot aan de uitgang.
BOH 7	52,15'19,3"	04,55'26,6"	50	Punt 10 waterproef, veel riet dat zwaar overhangt. Duiker in traject (alleen in 2010 bemonsterd).

LOENDERVEEN OOST - LVO



Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
LVO 1	52,12'25,4"	05,03'05,0"	50	Start voorbij bocht en enkele wilg, t.h.v. Els aan begin van bomenrij. Bomenrij volgen.
LVO 2	52,12'15,2"	05,03'07,2"	50	Start op hoek in inham aan eind van bosje, richting is terug naar boothuis.
LVO 3	52,12'06,2"	05,02'40,9"	50	Legakker, start t.h.v. eerste pol vanaf de plas gezien, richting boothuis.
LVO 4	52,13'07,5"	05,03'37,4"	50	Start net vóór houten beschoeiing thv 2 eiken dichtbij pad, daarna oostwaards.
LVO 5	52,12'56,8"	05,04'02,8"	50	Start bij prullenbak en bankje, richting P;
LVO 6	52,12'44,3"	05,04'03,5"	50	start bij gele prullenbak, richting Nsluis,

MIDDEL POLDER AMSTELVEEN - MPA



Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Beheer	Bijzonderheden
MPA 1	52,18'37,6"	04,53'15,4"	100		oever overzijde meer soortenrijk.
MPA 2	52,18'38,0"	04,53'28,2"	100		oever afbrokkelend, daardoor niet helemaal recht.
MPA 3	52,18'39,8"	04,53'43,1"	75		slib hier dikker dan MPA1 en MPA2.
MPA4	52,18'42,2"	04,53'38,8"	100		start bij geel meetpunt, richting west.
MPA5	52,18'41,2"	04,53'29,2"	100		oever afgetrappeld.

MUYEVELD en TEINHOVEN - MUY



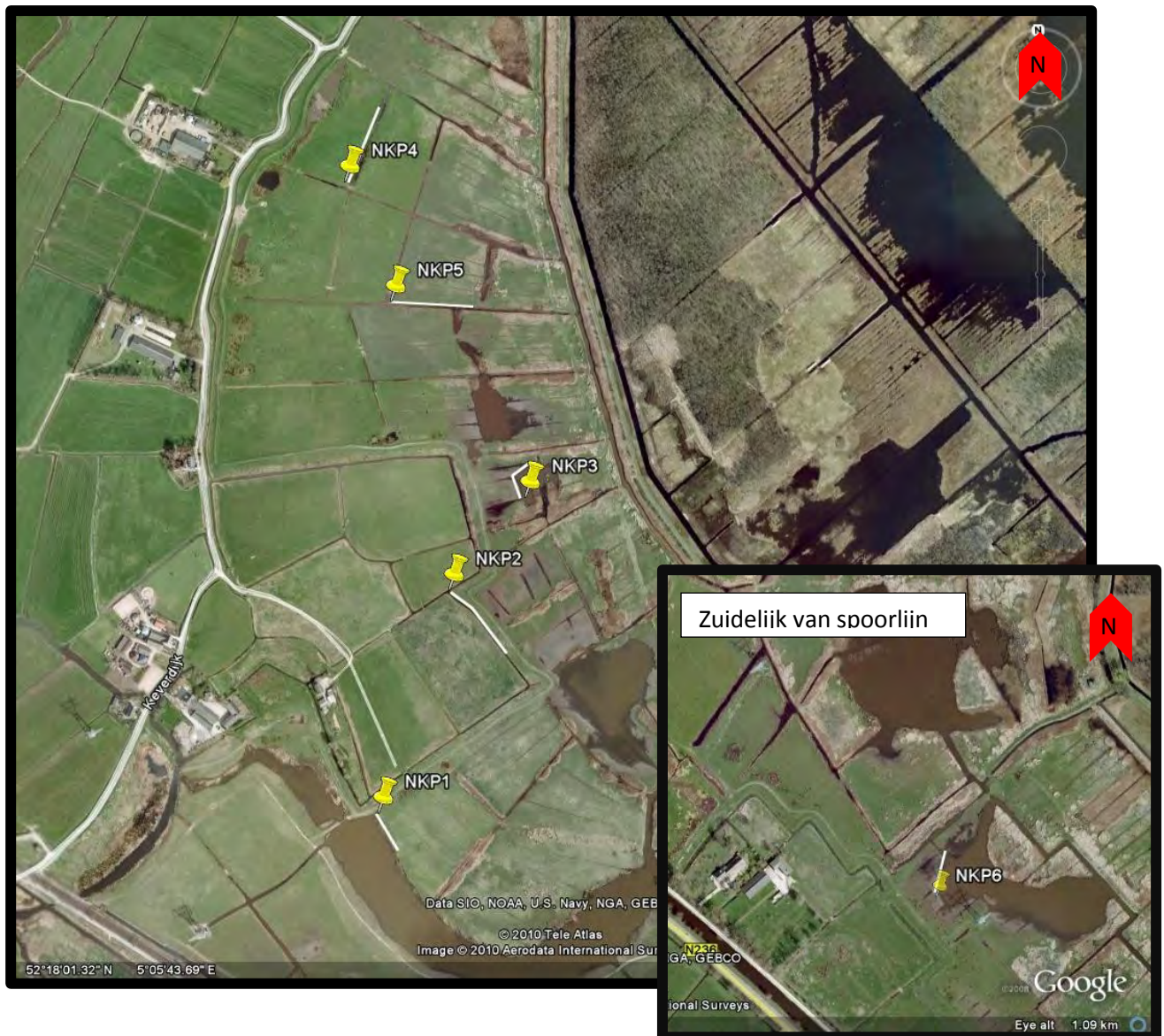
Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
MUY 1	52,10'41,2"	05,06'02,4"	100	Kopsloot van riet & typha gebied. Naast sloot plasdras habitat.
MUY 2	52,10'38,3"	05,06'02,6"	100	Brede sloot.
MUY 3	52,10'47,9"	05,06'13,6"	100	Brede sloot, net voor schonen uit gemonsterd. Koeien op oever.
MUY 4	52,11'41,2"	05,06'40,7"	100	Start bij hekje, geplagde oever, meetpunt B ware.
MUY 5	52,11'43,5"	05,06'43,7"	100	Start t.h.v. zijslot en bomen. Tussen agrarische weilanden.
MUY 6	52,11'39,7"	05,06'43,2"	100	schaatsbaan, start aan kop Noordkant, traject richting zuid.
MUY 7	52,10'26,1"	05,05'21,9"	100	Bij B-ware punt aan eind legakker tienhoven.

NAARDERMEER VAK 4 - NAM



Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
NAM 1	52,18'02,9"	05,06'08,6"	50	Start bij markering Hugo Coops, dan naar west. Natte oever word steeds breder
NAM 2	52,17'59,5"	05,06'07,2"	50	Start bij knikje in oever en plukje egelskoppen
NAM 3	52,17'56,8"	05,06'00,4"	50	Start in Zuidwesthoek, richting Noord

NIEUW KEVERDIJKSE POLDER (noord en zuid) - NKP



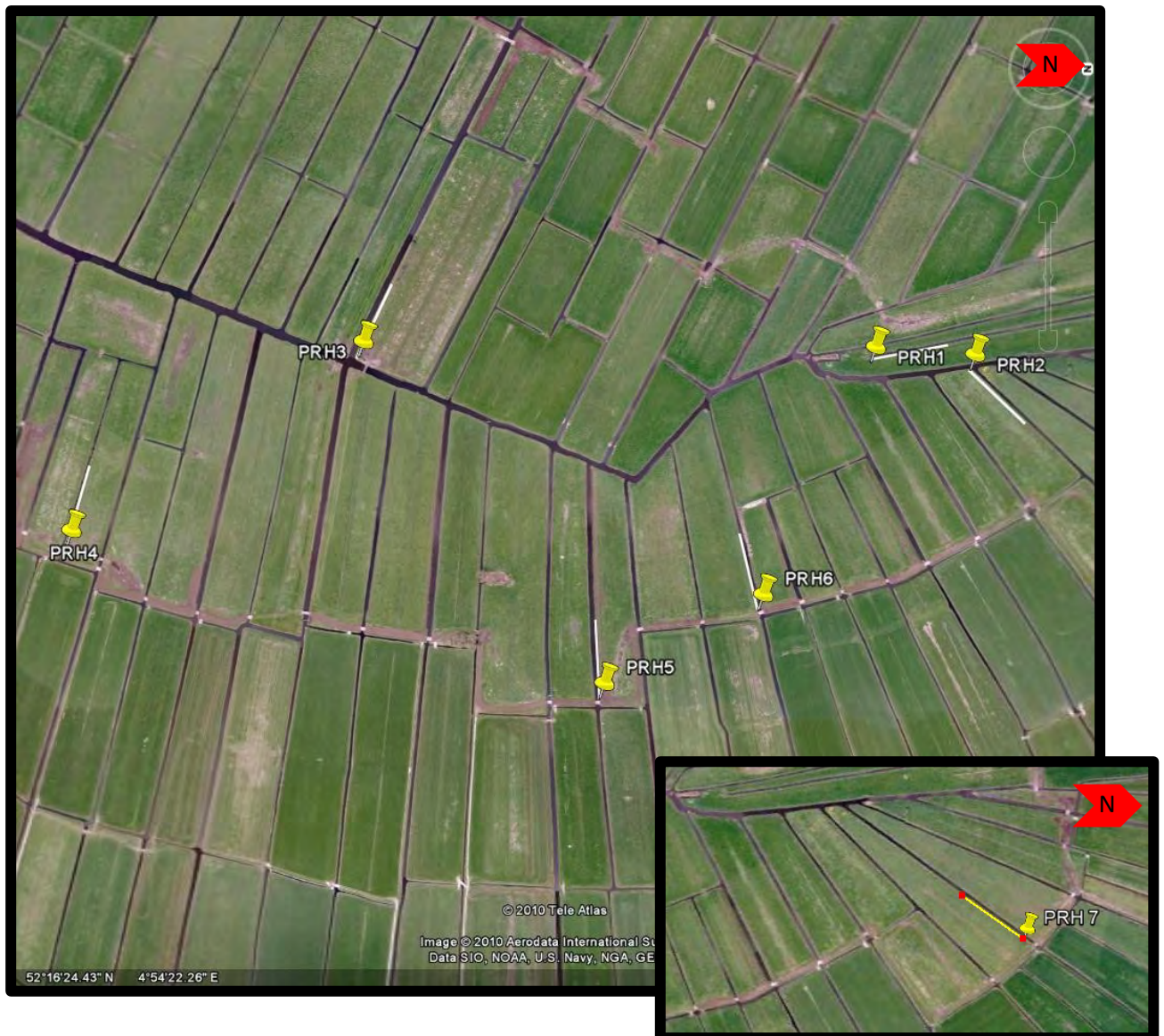
Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
NKP 1	52,17'49,5"	05,05'31,5"	50	Kreek, start t.h.v. B-ware punt bij brugje.
NKP 2	52,17'58,0"	05,05'37,0"	100	Smalle sloot, start aan de kop.
NKP 3	52,18'02,0"	05,05'40,5"	50	Plasje naast dijk. Start bij sloot waar overgang breed/smal is, richting noord.
NKP 4	52,18'14,2"	05,05'32,4"	100	Sloot, start bij dam aan zuidkant, richting noord. Sloot volgegroeid.
NKP 5	52,18'09,5"	05,05'34,7"	100	Sloot vol riet, start op de hoek en richting oost.
NKP 6	52,17'20,0"	05,05'41,9"	50	Plas zuiden van spoorlijn. Start thv pitruspol aan zuidkant plas.

OOSTELIJKE BINNENPOLDER BIJ TIENHOVEN - OBP



Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
OBP1	52,10'46,4"	05,07'02,5"	100	Kraggevorming in hoek bij start, ook bodemzicht diepe deel.
OBP2	52,10'44,5"	05,07'02,1"	100	Dichtgegroeide sloot, zuidelijke oever
OBP3	52,10'41,4"	05,06'53,5"	100	Noordelijke oever van een na zuidelijkste petgat. Start bij paal en B-ware punt
OBP4	52,10'35,7"	05,06'40,8"	100	Zuidelijkste petgat, zuidelijke oever, westpunt en dan richting oost
OBP5	52,10'31,9"	05,06'11,7"	100	Start bij hek aan overkant, geen flexpeil. Noordelijke oever

POLDER RONDE HOEP - PRH



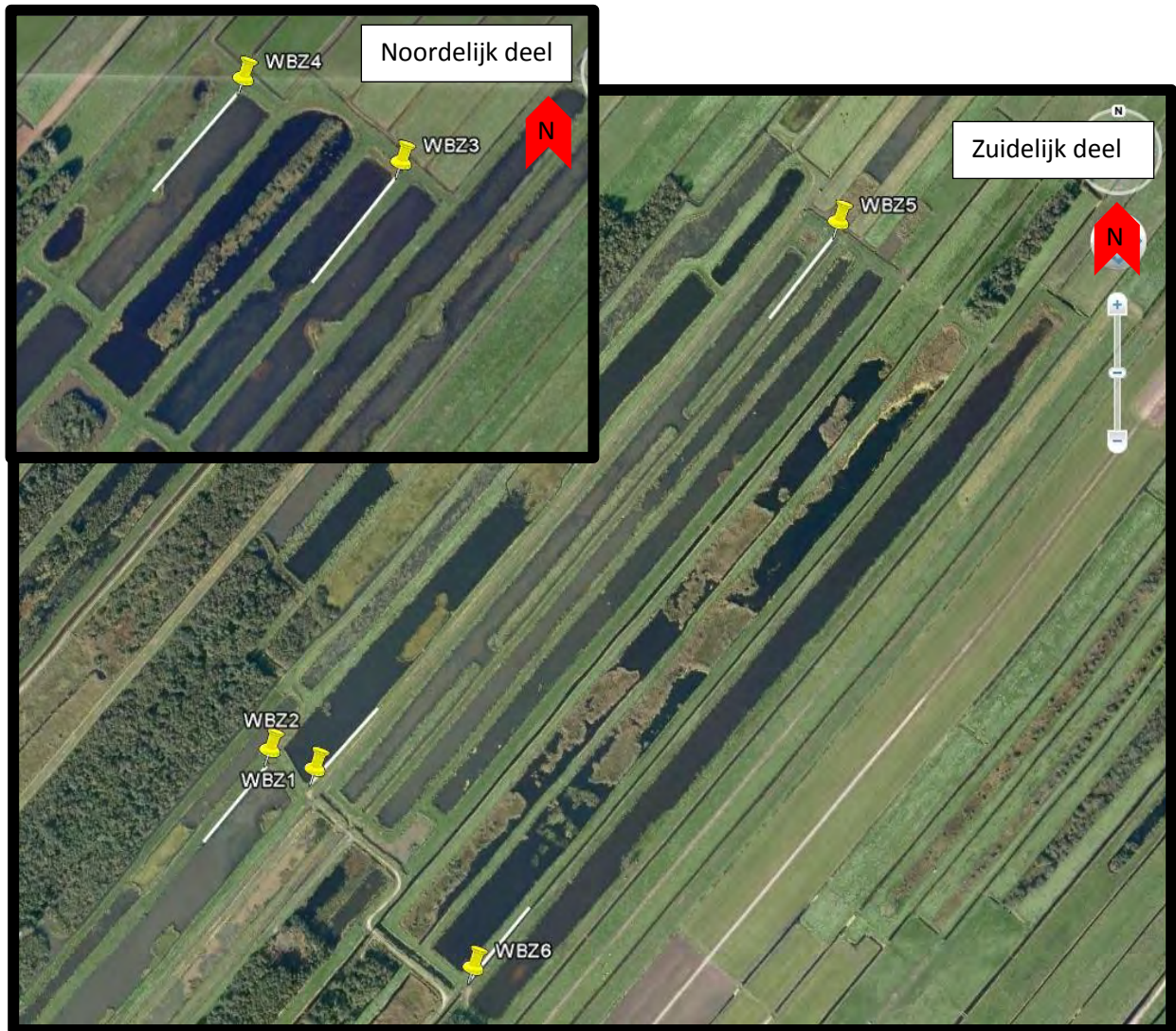
Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
PRH 1	52,16'37,3"	04,54'12,4"	100	Oever kapot getrapt door koeien/gemaaid
PRH 2	52,16'41,7"	04,54'13,1"	100	Ruige kant met ernaast geschoren weiland
PRH 3	52,16'16,2"	04,54'12,5"	100	Net buiten traject staat <i>Potamogeton pectinatus</i> . Via dam te bereiken.
PRH 4	52,16'04,2"	04,54'25,8"	100	Half van het traject heeft "eilandjes" van ondiepte en natte oeverbegroeiing midden in de sloot. (alleen in 2010)
PRH 5	52,16'26,4"	04,54'35,7"	100	Brede sloot met afgetrappelde oevers en aan twee kanten koeien.
PRH 6	52,16'33,0"	04,54'29,7"	100	Vee.
PRH 7	52,16'51.22"	04,54'22.26"	100	B-ware sloot, oostelijke oever.

POLDER ZEVENHOVEN, DE GROENE JONKER - PZH



code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
PZH1	52,10'40,0"	04,49'46,8"	100	Start na hek t.h.v. pitruspollen. Traject rechts van pad en loopt tot en met de sloot
PZH2	52,10'33,4"	04,49'40,3"	100	Start bij houten paaltje/schrikdraad.
PZH3	52,10'35,5"	04,49'27,3"	100	Schapen
PZH4	52,10'41,0"	04,49'28,7"	100	Oude sloot, rattenvallen, schapen.
PZH5	52,10'44,1"	04,49'41,4"	100	Start bij bankje/riet. 2010 Blauwalg, schapen.
PZH6	52,10'54,8"	04,49'47,0"	100	Start bij bankje richting noordelijke parkeerplaats.

WESTBROEKSE ZODDEN - WBZ



Code	X coördinaat start	Y coördinaat start	Lengte traject(m)	Bijzonderheden
WBZ 1	52,09'44,5"	05,07'10,1"	100	Begint bij punt van B-ware
WBZ 2	52,09'45,3"	05,07'07,5"	100	Traject begint bij hek. Net buiten traject ook Slangewortel
WBZ 3	52,10'33,9"	05,08'04,8"	100	oeverhoogte nogal variabel.
WBZ 4	52,10'36,2"	05,07'58,4"	100	
WBZ 5	52,10'02,3"	05,07'37,3"	100	Noord westelijke oever, richting zuid.
WBZ 6	52,09'38,3"	05,07'18,3"	100	Bij het eerste deel van het bert bospad rechtdoor.

Bijlage 3. Omgevingsvariabelen verzameld bij de vegetatie opnamen (Hoofdstuk 3). De getallen geven gemiddelden ± standaard fout. BOH = Botshol, LVO = Loenderveen Oost, MPA = Middelpolder bij Amstelveen, NAM = Naardermeer, vak 4, NKP = Nieuw Keverdijkse Polder, OBP = Oostelijke Binnenpolder bij Tienhoven, PRH = Polder Ronde Hoep, PZH = Polder Zevenhoven, Groene Jonker, WBZ = De Westbroekse Zodden. Zie bijlage 2 voor overzichtskaarten.

	BOH		LVO		MPA		MUY		NAM		NKP		OBP		PRH		PZH		WBZ		
	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	gem.	SE	
EKR verschil 2010-2011	0.0	0.0	0.2	0.2	-0.2	0.2	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	-0.2	0.4	-0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3
Oeverhoogte (cm)	12.1	2.6	10.0	8.2	38.0	3.4	26.7	12.5	8.3	6.0	0.0	0.0	9.0	6.0	15.9	0.3	0.0	0.0	0.0	37.5	3.6
Waterdiepte minimum peil (cm)	85.7	8.2	37.3	9.4	33.1	16.3	33.8	9.0	45.2	16.1	31.9	12.6	42.1	9.8	28.3	10.1	20.7	7.0	42.4	4.4	
Waterdiepte bij hoogste waterstand (cm)	102.4	7.0	68.3	9.4	68.1	16.3	48.7	9.3	66.9	16.1	87.2	9.1	74.9	10.4	67.3	10.1	64.2	7.0	69.8	3.5	
Lengte droogval (cm)	49.3	20.1	126.9	33.5	147.8	42.7	37.6	19.8	322.1	272.4	541.7	373.9	1.6	83.1	118.2	32.8	1218.9	1000.9	47.4	12.7	
Peil range (cm)	0.1	0.0	0.3	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.6	0.1	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	
Peilrange zomer-winter	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	
Optische Dichtheid 2010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	
Secchi 2010 (cm)	85.0	5.5	47.5	9.4	22.4	1.9	36.3	6.6	60.3	16.1	31.0	5.9	45.6	7.0	27.5	3.5	30.8	2.7	50.8	7.0	
Organisch stof (%)	64.4	6.0	46.4	20.0	65.5	2.0	12.8	7.8	0.0	0.0	21.5	4.2	25.9	12.7	75.4	2.8	23.9	3.7	27.5	8.6	
EGV 2010	321.1	4.9	308.5	2.1	721.8	155.5	223.3	16.3	540.0	1.5	402.0	66.9	351.8	37.0	465.8	40.0	475.3	9.9	186.4	21.2	
pH 2010	7.8	0.1	7.7	0.1	7.3	0.2	7.4	0.2	7.3	0.0	7.0	0.2	7.3	0.1	7.9	0.3	7.3	0.1	8.1	0.1	
EGV 2011	288.5	1.2	301.0	1.9	495.8	138.5	258.7	26.8	587.3	4.1	465.2	79.2	250.6	35.4	775.7	145.9	444.0	3.8	241.5	38.9	
pH 2011	8.3	0.1	8.0	0.1	7.1	0.1	7.4	0.1	7.7	0.1	7.4	0.2	7.6	0.1	7.4	0.2	7.7	0.1	8.3	0.2	

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 50
Stationsplein 89
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

