



Een soortbeschermingsplan voor de Drijvende waterweegbree (*Luronium natans*) in Noord-Brabant



Een soortbeschermingsplan voor de Drijvende waterweegbree (*Luronium natans*) in Noord-Brabant

In opdracht van	Provincie Noord-Brabant Dhr. W. Poelmans Dhr. B.J.M. Timmers
Auteurs	Dr. E.C.H.E.T. Lucassen Drs. P.J.J. van den Munckhof Dr. E. Bouwer Prof. Dr. J.G.M. Roelofs
Rapportnummer	2007.01 (B-WARE)

Citeren als: Lucassen, E.C.H.E.T., Munckhof, P.J.J. van den, Brouwer, E. & J.G.M. Roelofs (2007) Een soortbeschermingsplan voor de Drijvende waterweegbree (*Luronium natans*) in Noord-Brabant. In opdracht van de Provincie Noord-Brabant. B-WARE rapport nr 2007.01

© B-WARE B.V. De kennis opgedaan in dit rapport wordt door B-WARE gebruikt voor wetenschappelijke doeleinden. Gebruik van data voor andere doeleinden bedoeld in deze rapportage is derhalve niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van B-WARE B.V.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	5
1. Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Beleidsaspecten	9
1.2.1 Internationaal beleid	9
1.2.2 Nationaal beleid	9
1.3 Werkwijze en indeling	10
2. Soortbeschrijving	11
2.1 Herkenning	11
2.2 Vegetatiegemeenschap	13
2.3 Levenscyclus	14
2.4 Geografische verspreiding	15
3. Habitattypen	17
3.1 Voedselarme zwak gebufferde natuur	17
3.2 Eutrofe hardere wateren	21
4. Achteruitgang en bedreiging	23
4.1 Verzuring en klimaatsveranderingen	23
4.2 Eutrofiëring	25
4.3 Inlaten en opstuwen van rivierwater en/of grondwater	27
4.3.1 Accumulatie en beschikbaarheid zware metalen	29
4.3.2 Effecten op beschikbaarheid van nutriënten	30
5. Drijvende waterweegbree in Noord-Brabant	35
5.1 Verspreiding in ruimte	35
5.2 Verspreiding in tijd	36
5.3 Oorzaken voor de achteruitgang	38
5.3.1 Veldonderzoek	38
5.3.2 Resultaten vennen en plassen	39
5.3.3 Resultaten beken en rivieren	43
6. Maatregelen voor behoud en beheer	49
6.1 Behoud van bestaande populaties	49
6.2 Herstel van populaties	50
6.3 Rekening houdend met soortspecifieke strategieën	57
6.4 Gebiedsgerichte acties	59
7. Literatuur	65

8. Bijlage	73
8.1 Veldonderzoek: primaire chemische data	74
8.1.1 Oppervlaktewater	74
8.1.2 Bodemvocht	76
8.1.3 Bodem	78
8.1.4 Kleine Beek	80
8.2 Veldonderzoek: fotos onderzoekslocaties	81

SAMENVATTING

Drijvende waterweegbree is een weinig concurrentiekrachtige waterplant die endemisch is voor Europa. Vanwege zijn morfologische en fysiologische aanpassingen aan een lage kooldioxide- en nutriëntenbeschikbaarheid, komt de soort typisch voor in zwak gebufferde voedselarme wateren. Omdat Drijvende waterweegbree goed in staat is open plekken te koloniseren, kan deze ook voorkomen in wat voedselrijkere en hardere waterlopen indien deze onderhevig zijn aan regelmatige verstoring. Beide leefmilieus zijn gedurende de afgelopen decennia ernstig bedreigd door verdroging, verzuring, alkaliseren en eutrofiëring. Hierdoor is het voedselarme en zwak gebufferde karakter van deze milieus verdwenen waardoor planten van voedselrijker en harder water zijn gaan domineren. Zowel de nationale wetgeving als internationale verplichtingen eisen bescherming van het leefmilieu van de Drijvende waterweegbree. Het nationale soortenbeleid vormt één van de speerpunten van het provinciale natuurbeleid. Het houdt onder andere in dat jaarlijks enkele nieuwe soortbeschermingsplannen en/of actieplannen worden gepresenteerd en in uitvoering genomen.

Datasets over de verspreiding van de soort in tijd en ruimte hebben aangetoond dat het verspreidingsgebied van de soort in Noord-Brabant sinds 1990 met circa 66 % is afgenomen. Verspreidingspatronen tonen dat deze afname vooral heeft plaatsgevonden in midden- en benedenlopen van beken en rivieren waar minder ijzerrijke kwel uittreedt. Daarnaast zijn er sinds 1990 nieuwe vindplaatsen bekend. Een aantal van deze vindplaatsen betreft vennen en plassen waar de afgelopen jaren maatregelen zijn genomen tegen verzuring en eutrofiëring. Een groot deel van de nieuwe vindplaatsen is waarschijnlijk te wijten aan de toegenomen belangstelling voor de soort sinds deze is opgenomen als soort van de habitatrictlijn.

Een veldonderzoek dat is uitgevoerd in het kader van dit soortbeschermingsplan toont aan dat de achteruitgang van de soort sinds 1990 vooral veroorzaakt is door waterverharding in combinatie met een verhoogde beschikbaarheid aan fosfaat en ammonium in de bodem en het oppervlaktewater. Er is geen effect van zure regen waargenomen. In vennen wordt deze verandering in chemie veroorzaakt door een aantal (afzonderlijke) factoren waaronder het inspoelen van meststoffen vanuit de landbouw, guanotrofiëring, begrazing met koeien en boomopslag op venoevers. In rivieren en beken treden deze veranderingen in chemie mede op door maatregelen die worden getroffen om verdroging te bestrijden zoals het inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd bicarbonaat- en sulfaatrijk Maas- en Rijnwater en het opstuwen van lokaal met nitraat en/of sulfaat verrijkt grondwater. Ook het lozen van bicarbonaatrijk afvalwater door waterzuiveringsinstallaties heeft effect op het verdwijnen van Drijvende waterweegbree. Door de aanvoer van gebiedsvreemd water vindt een verhoogde afbraak van organisch materiaal plaats. Hierbij komen nutriënten (fosfaat en stikstof) vrij en daalt de zuurstofspanning in de onderwaterbodem waardoor microbiële reductieprocessen in de bodem gestimuleerd worden. Door de hoge concentraties sulfaat in het gebiedsvreemde water en het lokaal verontreinigde grondwater van Brabant vindt in hoge mate sulfaatreductie plaats. In de bodem wordt sulfide gevormd dat sterk bindt aan vrij ijzer in de bodem, dat hierdoor niet meer in staat is fosfaat vast te leggen in de vorm van ijzer-fosfaat. Indien de voorraad vrij ijzer in de bodem opraakt, bindt het

sulfide aan ijzer afkomstig van ijzer-fosfaatcomplexen waarbij het fosfaat vrij komt in het systeem (interne eutrofiëring). Dit proces wordt verder gestimuleerd doordat opstuwten van oppervlaktewater het uittreden van gebiedseigen zacht en ijzerrijk grondwater in de beek bemoeilijkt. In bovenlopen van Noord-Brabantse beken is, door de aanwezigheid van breuklijnen in de ondergrond, de invloed van ijzerrijk grondwater waarschijnlijk nog zo sterk dat (tijdelijk) toch nog voldoende grondwater uittreedt in de beek om voldoende fosfaat vast te kunnen leggen. In beken als de Beerze en de Run komt in deze delen dan ook nog plaatselijk massaal Drijvende waterweegbree voor. Door de hoge ijzeraanvoer via het grondwater blijft het systeem voedselarm, waardoor de soort niet snel door andere planten weggeconcurrereerd wordt. Daarnaast zijn extreem hoge ijzerwaarden aangetroffen in het plantmateriaal afkomstig uit Noord-Brabantse beken. Het is mogelijk dat de soort, in tegenstelling tot andere plantensoorten, tolerant is voor hoge doorgaans toxische ijzerconcentraties. Dit zou mede een rol kunnen spelen bij het voorkomen van de soort onder voedelsrijkere condities. Bovengenoemde biogeochemische processen worden uitgebreid toegelicht in dit soortbeschermingsplan.

Het beschermen van de Drijvende waterweegbree kan geoptimaliseerd worden door alle natuurgebieden waar de soort voorkomt of voorkwam te behouden en te beschermen. Dit kan door de gebieden (alsnog) op te nemen in de Ecologische Hoofdstructuur of de Groene Hoofdstructuur uit het Streekplan 2002. De gebieden waar de soort verdwenen is, of sterk is achteruitgegaan, kunnen achtereenvolgens dusdanig hersteld worden dat weer relatief voedselarme zwakgebufferde condities ontstaan. In dit rapport is in een indeling gemaakt in categorieën die gebaseerd is op het type ecosysteem en de oorzaken van achteruitgang. Per categorie is een plan opgesteld voor herstel van zwak gebufferde en voedselarme condities. Uiteindelijk zijn gebiedsgerichte acties opgesomd. De belangrijkste maatregelen omvatten:

1. Herstel van de regionale grondwaterstand in verdroogde waterlopen en vennen door het verminderen of verplaatsen van grondwaterwinningen en het kappen van dennenbos.
2. Aanvoer van gebufferd grondwater of oppervlaktewater of bekalking van het inzijsgebied in verzuurde vennen.
3. Verwijderen van bomen, verwijderen van de met nutriënten verrijkte ven- en oeverbodem en hanteren van een juist begrazingsbeleid (met paarden in plaats van koeien) in vennen geëutrofiëerd door boomopslag en bladinvall.
4. Dempen van afwateringssloten, opschonen van de verrijkte ven- en oeverbodem en het creëren van een zone zonder landbouwfunctie in vennen geëutrofiëerd door omliggende landbouw.
5. Opstuwten van het beekwater tot beneden de stijghoogte van het lokale grondwater als vernattingsmaatregel in verdroogde beken. Tijdelijke droogval in de zomer respecteren (in vennen in combinatie met opschonen).
6. Het blijven onderhouden van kwelputten die vanwege hun functieverlies dichtgroeien.
7. Het omleiden van hard water afkomstig van waterzuiveringsinstallaties.

Aanvullende maatregelen, die rekening houden met specifieke kenmerken van de soort (o.a. voortplantingsstrategieën), kunnen het succes verder verhogen.

Belangrijke kenmerken van Drijvende waterweegbree zijn: I. generatieve voortplanting bij lage waterpeilen (respecteren van tijdelijke droogval in de zomer), II. voortplanting middels afbreekbare scheuten die zich via het water verspreiden en in het najaar goed wortelen (maaien en opschonen van bovenlopen in het najaar), III. Scheuten wortelen enkel indien de waterlaag niet dieper is dan 4 cm (ondiepe overstromingsvlakten maken in het kader van hermeandering), IV. Goede kolonisor van open plekken (midden- en benedenlopen regelmatig baggeren om overwoekering in een vroeg stadium te voorkomen). Het hanteren van deze aanvullende maatregelen heeft enkel effect indien reeds aan de basiscondities voor ontwikkeling van voedselarme zwak gebufferde condities voldaan is.

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond

De provincie Noord-Brabant heeft onderzoekcentrum B-WARE gevraagd een soortbeschermingsplan op te stellen voor de Drijvende waterweegbree. Deze soort is kensoort van de Oeverkruidklasse die typisch voorkomt in zwak gebufferde voedselarme wateren. Daarnaast komt de soort in de Fonteinkruidklasse voor als niet-kensoort onder meer gebufferde en voedselrijkere condities. Beide leefmilieus worden sinds enkele decennia ernstig bedreigd door verdroging, verzuring, alkalinisering en eutrofiëring met als gevolg dat de verspreiding van Drijvende waterweegbree globaal gezien sterk is afgenomen.

1.2 Beleidsaspecten

1.2.1 Internationaal beleid

Internationale verplichtingen eisen bescherming van het leefmilieu van de Drijvende waterweegbree. Het verdrag inzake het behoud van wilde dieren en planten in hun leefmilieu in Europa, bekend als de “Conventie van Bern” (1979) richt zich op de bescherming van soorten waarvoor internationale samenwerking nodig is. Drijvende waterweegbree is opgenomen in bijlage 1 van de conventie.

Daarnaast is Drijvende waterweegbree opgenomen in de Europese Habitatrichtlijn (1992) die zowel gebiedsbescherming (Natura-2000 gebieden) als soortbescherming kent. De Drijvende waterweegbree staat vermeld op bijlage 2 en 4.

1.2.2 Nationaal beleid

Het landelijk natuurbeleid heeft twee peilers: het gebiedenbeleid en het soortenbeleid. Met het gebiedenbeleid wordt de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) vormgegeven met inbegrip van de Natura-2000 gebieden. Bescherming van Natura-2000 gebieden is geregeld in de Natuurbeschermingswet 1998. De Groene Hoofdstructuur uit het Streekplan 2002 biedt tevens mogelijkheden om ook buiten de EHS met gebiedsgericht stimuleringsbeleid de doelstellingen uit het natuurbeleid te bereiken.

Het soortenbeleid fungeert aanvullend op het gebiedenbeleid. Met de uitvoering van het soortenbeleid wordt getracht via extra maatregelen op korte termijn de meest bedreigde soorten voor uitsterven te behoeden. De bescherming van soorten is geregeld in de Flora- en Faunawet waarin de internationale wetgeving is geïmplementeerd. Op 23 februari 2005 is de AMvB art. 75 van de Flora- en Faunawet in werking getreden. Drijvende waterweegbree is hierin opgenomen als beschermde soort in artikel 3 en 4.

Het soortenbeleid vormt één van de speerpunten van het provinciale natuurbeleid. Rijk en provincies hebben, samen met een aantal landelijke natuurorganisaties en terreinbeheerders, afspraken gemaakt over de uitvoering van het soortenbeleid. Deze zijn vastgelegd in het “Meerjarenprogramma Uitvoering Soortenbeleid 2000-2004”. Het programma houdt onder meer in dat jaarlijks enkele nieuwe soortbeschermingsplannen en/of actieplannen worden gepresenteerd en in uitvoering genomen. Om de uitvoering van het soortenbeleid een impuls te geven is voorgesteld om vanaf 2008 de zogenaamde “Leefgebieden benadering” toe te gaan passen. Deze omvat de volgende kernpunten:

1. De aandacht richten op leefgebieden van groepen soorten, aanvullend op enkele individuele soorten.
2. Een gebiedsgerichte aanpak door integratie in andere beleidsterreinen, plannen en maatregelen.
3. Een verbreding van verantwoordelijkheden: naast het rijk hebben ook de provincies, terreinbeherende organisaties, waterschappen en het bedrijfsleven een zekere verantwoordelijkheid voor de bescherming van soorten.

De beleidsstrategie is gericht op bedreigde en ernstig bedreigde soorten van de Rode Lijsten waartoe Drijvende waterweegbree behoort. Daarnaast richt de leefgebiedenbenadering zich op Drijvende waterweegbree omdat deze is opgenomen in de Flora en Faunawet (soorten van bijlage 4 van de Habitatrichtlijn en van bijlage 1 van de AMvB bij artikel 75).

1.3 Werkwijze en indeling

Dit soortbeschermingsplan is gebaseerd op een combinatie van wetenschappelijke literatuur, verspreidingsdata van de soort en veldonderzoek. In hoofdstuk 2 wordt algemene informatie over de soort gegeven, waaronder uiterlijke plantkenmerken, vegetatiegemeenschappen, levenscyclus en geografische verspreiding. Hoofdstuk 3 behandelt de habitattypen van de soort en de aanpassingen om zich in deze milieus te kunnen handhaven. In hoofdstuk 4 worden bedreigingen van deze habitattypen beschreven. Hoofdstuk 5 is gericht op de toestand van de soort in Noord-Brabant. Aan de hand van een zestal datasets is een inschatting gemaakt van de verspreiding en de achteruitgang van de soort. Daarnaast is een aanvullend veldonderzoek beschreven dat uitgevoerd is op locaties waar de soort in 1980 in Noord-Brabant nog aanwezig was volgens Bloemendaal & Roelofs (1988). Hierbij is de geobserveerde achteruitgang onderzocht door de chemie van de bodem, het bodemvocht en het oppervlaktewater op locaties waar de soort sinds 1990 verdwenen is te vergelijken met die waar de soort zich heeft weten te handhaven. In hoofdstuk 6 is uiteindelijk is een plan voor behoud, herstel en beheer van het leefmilieu van Drijvende waterweegbree opgesteld. Hierbij wordt naast de specifieke eisen aan het milieu (kwaliteit van het grondwater, de bodem en het oppervlaktewater) ook rekening gehouden met specifieke kenmerken van de soort waaronder voortplantingsstrategieën. Herstelmaatregelen voor de belangrijkste leefgebieden van de soort worden opgesomd. In hoofdstuk 7 is de geraadpleegde literatuur vermeld. Tenslotte is informatie over de veldonderzoeken vermeld in de Bijlage (hoofdstuk 8).

2. SOORTBESCHRIJVING

2.1 Herkenning

De Drijvende waterweegbree is een overblijvende monocotyle waterplant uit de Waterweegbreefamilie (*Alismataceae*). Het uiterlijk van deze plant kan sterk variëren in tijd en ruimte. In het voorjaar vormen de wortels een bladrozet die aanvankelijk is opgebouwd uit zittende lijnvormige parallel generfde bladeren met een brede witvliezige bladschede en een spitse top. Drijvende waterweegbree wordt op basis van deze groeivorm ingedeeld in de groep waterplanten met een isoëtide groeivorm (groeivorm zoals die van de Waterbiesvaren (*Isoetes spec.*)). De submerse lijnvormige bladeren zijn maximaal 50-60 cm lang en 4-7 mm breed en kunnen vanwege de afwezigheid van een waslaagje niet tegen langdurige blootstelling aan de lucht. In dit stadium kan Drijvende waterweegbree gemakkelijk verward worden met andere isoëtide waterplanten waaronder de Stijve moerasweegbree (*Echinodorus ranunculoides*), Pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) en Egelskop (*Sparganium spec.*).



Figuur 1. Enkele uiterlijke kenmerken van de soort (foto: E. Lucassen).

De wortelrozet kan bovengrondse witachtige uitlopers (stolonen) vormen die meer dan een halve meter lang kunnen worden. Indien deze uitlopers in contact komen met de bodem worden nieuwe wortelrozetten gevormd. In het geval dat de stengels in het water blijven zweven, ontwikkelen zich in eerste instantie bloeistengels met aan de knopen kransen van drie schutbladen. Vanuit de oksel van één of twee van de schutbladen ontwikkelt zich een lang gesteelde drietallige bloem met witte kroonbladeren en een gele nagel. De bloemen hebben een diameter van 12-18 mm en steken meestal boven het wateroppervlak uit. Meestal worden er 6 tot 9 vruchtjes per bloem gevormd maar dit kan oplopen tot 15. De vruchtjes zijn omgekeerd eivormig met een scheve

snavel en een stekelpunt en hebben 12 tot 15 hoogteribben en groeven. Vanuit de overige schutbladen kunnen, net zoals uit de wortelrozet, enkele lang gesteelde bladeren gevormd worden met een karakteristieke ovale tot elliptische drijvende bladschijf. Deze bladschijf kan 1-4 cm lang en 1-3 cm breed zijn en bestaat uit drie

opvallende bladnerven. Ten slotte kunnen in de knopen van de bloeistengels ook wortels worden gevormd.

Drijvende waterweegbree kan in principe vier verschillende groeivormen aannemen. Deze groeivormen zijn niet genetisch bepaald maar zijn afhankelijk van het habitatype (o.a. waterdiepte, lichtintensiteit, verstoringdynamiek) (Kay e.a., 1999):

1. een rozet (isoëtide groeivorm) van korte submerse lijnvormige bladeren voorkomend in diepere delen van koolstofarme meren.
2. een rozet (isoëtide groeivorm) van lange submerse lijnvormige bladeren voorkomend op diepe locaties van stromende rivieren en beken die rijker zijn aan kooldioxide.
3. een nympheïde groeivorm bestaande uit een combinatie van submerse lijnvormige bladeren en drijfbladeren. Deze groeivorm komt voor in ondiepe delen van vennen en plassen en in meren en rivieren met weinig dynamiek.
4. een terrestrische groeivorm met kortgesteelde bladeren voorkomend op doorgaans langdurig droogvallende locaties.

In figuur 1 zijn enkele uiterlijke kenmerken van de soort zichtbaar. In figuur 2 zijn twee van de vier groeivormen van de Drijvende waterweegbree zichtbaar.



Figuur 2. A, De nympheïde groeivorm met zowel zittende submerse lijnvormige bladeren als karakteristieke langgesteelde drijfbladeren (foto: E. Lucassen); B, De terrestrische groeivorm met nieuw gevormde, kort gesteelde bladeren (foto: E. Brouwer).

2.2 Vegetatiegemeenschap

Drijvende waterweegbree komt in Nederland voor in twee klassen: de Oeverkruidklasse (het *Littorelletea*) en de Fonteinkruident-klasse (het *Potametea*). Een overzicht van deze klassen is gegeven in tabel 1. De Oeverkruidklasse komt typisch voor in voedselarme zwak gebufferde ondiepe wateren en het littoraal van diepere wateren. De Fonteinkruidentklasse komt voor in voedselrijker en sterker gebufferd water (Schaminée e.a., 1995).

Drijvende waterweegbree is kensoort van alle acht associaties die de vier verbonden van de Oeverkruidklasse kent. Begeleidende soorten zijn bijvoorbeeld Stijve moerasweegbree (*Echinodorus ranunculoides*), Duizendknoopfontuinkruident (*Potamogeton polygonifolius*), Knolrus (*Juncus bulbosus*), Veelstengelige bies (*Eleocharis multicaulis*), Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*), Kleine biesvaren (*Isoetes echinospora*), Grote biesvaren (*Isoetes lacustris*), Ongelijkbladig fonteinkruident (*Potamogeton gramineus*), Kleinste egelskop (*Sparganium minimum*), Ondergedoken moeras scherm (*Apium inundatum*), Oeverkruid (*Littorella uniflora*), Vlottende bies (*Scirpus fluitans*), Naaldwaterbies (*Eleocharis acicularis*) en Pilvaren (*Pilularia globulifera*) (tabel 1).

Drijvende waterweegbree komt als niet-kensoort voor in de klasse der Fonteinkruidenten. De soort komt voor in de associatie van het Callitricho-Myriophylletum alterniflorum en komt regelmatig voor met soorten als Grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus*), Teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) en Drijvend fonteinkruident (*Potamogeton natans*) (tabel 1).

Tabel 1. Overzicht van de klasse der Littorelletea en Potametea waarin Drijvende waterweegbree als kensoort en niet-kensoort aanwezig is (volgens Schaminée e.a 1995).

KLASSE	ORDE	VERBOND	ASSOCIATIE
LITTORELLETEA	LITTORELLETALIA	LITTORELLION UNIFLORAE	ISOETO-LOBELIETUM
		POTAMION GRAMINAE	ECHINODORO-POTAMETUM GRAMINAE SPARGANIETUM MINIMI
		HYDROCOTYLO BALDELLION	PILULARIETUM GLOBULIFERAE SCIRPETUM FLUITANTIS ELEOCHARIETUM MULTICAULIS SAMOLO-LITTORELLETUM
		ELEOCHARITION ACICULARIS	LITTORELLO-ELEOCHARIETUM ACICULARIS
POTAMETEA	ZANNICHELLIETALIA PEDICELLATAE	ZANNICHELLION PEDICELLATAE	CERATOPHYLLETUM SUBMERSI RANUNCULETUM BAUDOTII NAJADETUM MARINAE
		NYMPHAEION	RANUNCULO FLUITANS-POTAMETUM PERFOLIATI POTAMETUM LUCENTIS MYRIOPHYLLO-NUPHARETUM POTAMETO-NYMFOIDETUM
	NUPHARO-POTAMETALIA	HYDROCHARITION MORSUS-RANAE	STRATIOTETUM UTRICULARIETUM VULGARIS
		PARVOPOTAMION	POTAMETUM BERCHTOLDII GROENLANDIETUM RANUNCULETUM CIRCINATI POTAMETUM OBTUSIFOLII MYRIOPHYLLO VERICILLATI-HOTTONIETUM
	CALLITRICHOPOTAMETALIA	RANUNCULION PELTATI	CALLITRICHO-HOTTONIETUM RANUNCULETUM HEDERACEI CALLITRICHO-MYRIOPHYLLETUM ALTERNIFLORI CALLITRICHO HAMULATAE- RANUNCULERUM FLUITANS

2.3 Levenscyclus

Drijvende waterweegbree is een winterharde soort die zich zowel vegetatief als generatief kan voortplanten in hydrologisch verbonden systemen. In de periode Mei tot Oktober worden bloemen gevormd (Casper & Krausch, 1980). De bloemstengels worden ondersteund door drijfbladeren waardoor de meeste bloemen net boven het water uitsteken waar de bevruchting plaatsvindt via insecten. Submerse bloemen kunnen zich ook onder water in gesloten vorm via zelfbestuiving bevruchten (cleistogamy) (Greulich e.a. 2000). Bloemstengels van bevruchte bloemen buigen en de vruchten rijpen onder water. Ze worden achtereenvolgens verspreid via het water (hydrochory). Er zijn ook aanwijzingen voor de verspreiding van zaad over land via watervogels (zoochory) die gebaseerd zijn op het voorkomen van enkele nieuwe vindplaatsen in Noorwegen en Zweden. De zaden kunnen meer dan tachtig jaar kiemkrachtig blijven (Janssen & Schaminée, 2004; Roelofs, eigen waarneming). Naast generatieve voortplanting kan de soort zich vegetatief verspreiden en uitbreiden door middel van stolonen waarop nieuwe scheuten gevormd worden. De nieuwe scheuten kunnen ter plekke op ondiepe locaties wortelen en vestigen (perifere verspreiding). Op diepere locaties worden in de waterkolom zwevende planten gevormd. Deze scheuten breken gemakkelijk af en de planten kunnen via het water verspreid worden en zich elders vestigen (propagule verspreiding).

Nielsen e.a. (2006) hebben de relatieve rol van vegetatieve en generatieve voortplanting op de verspreiding en vestiging van Drijvende waterweegbree in Deense rivieren onderzocht in een gecombineerd veld- en laboratoriumonderzoek. Uit dit onderzoek is gebleken dat Drijvende waterweegbree een hoge zaadproductie heeft waardoor de zaaddichtheid in de bodem gedurende het jaar hoog kan zijn (600-3300 zaden per m²). Van deze zaadhoeveelheid is het kiemingspercentage in zowel het voorjaar, de zomer als de herfst zeer hoog (50-60 %). Het vestigingssucces van de scheuten bleek door twee factoren bepaald te worden, namelijk de waterdiepte en de periode waarin de scheuten gevormd worden. Scheuten wortelen en vestigen vooral indien de waterlaag ondieper is dan 4 cm. In een waterlaag dieper dan 10 cm vindt geen enkele vestiging plaats. Verder hebben fragmenten die in de herfst gevormd worden een vijf maal zo hoog vestigingssucces dan scheuten gevormd in de zomer. Dit is hoogstwaarschijnlijk een allocatie-effect waarbij energie, die niet meer nodig is voor de scheut- en bloemvorming, gestoken wordt in de wortelproductie. Waarschijnlijk heeft Drijvende waterweegbree adaptaties voor verspreiding gedurende de zomer en kolonisatie in de herfst. Deze theorie komt overeen met onderzoek van Barrat-Segretain and Bornette (2000) en Greulich & Bornette (1999). De lage wortelmogelijkheid van de scheuten in dieper water, de hoge zaadproductie, het hoge kiemingspercentage van de zaden en de hoge genetische diversiteit tussen populaties wijzen er allen op dat herkolonisatie van Drijvende waterweegbree voornamelijk plaatsvindt via generatieve voortplanting. Op locaties met een diepe waterlaag, een hoge waterdynamiek en/of een hoge verstoringsdynamiek worden meestal geen bloemen gevormd. Op deze locaties hebben de populaties in het algemeen een lagere genetische diversiteit dan habitats met een ondiepe waterlaag die regelmatig droogvallen en waar volop bloemen geproduceerd worden. Habitats die regelmatig droogvallen planten zich dus vooral generatief voort terwijl habitats met diepe waterlagen en een hoge dynamiek zich met name vegetatief voortplanten. Deze theorie wordt ondersteund door het feit dat

Drijvende waterweegbree in rivieren als de Beerze, de Run en de Reusel nagenoeg nooit tot bloei komt, terwijl dat wel volop het geval is in geïsoleerde stilstaande ondiepe wateren (tot 1 m). Het Deens onderzoek bevestigt dat in waterlopen de genetische diversiteit tussen de verschillende deelpopulaties hoger is dan de diversiteit binnen de deelpopulaties (Nielsen e.a 2006).

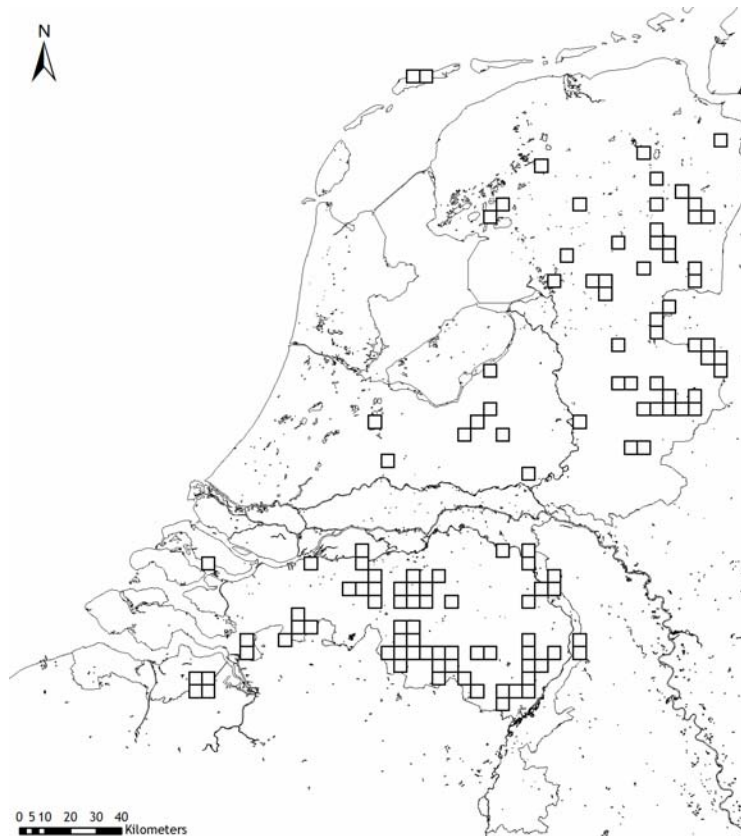
2.4 Geografische verspreiding

Drijvende waterweegbree is een atlantische-subatlantische soort die endemisch is voor Europa (Schaminée e.a. 1995). De soort strekt zich uit van het noordelijk deel van Europa (Zuid Noorwegen en Zuid Zweden) via Ierland en Frankrijk naar Noord Spanje en Oost Polen (Lansdown & Wade, 2003). De soort concentreert zich binnen zijn verspreiding vooral in West-Frankrijk, Zuid-Nederland, Vlaanderen en Noord-Duitsland. In Tsjechië en Roemenië wordt de soort als uitgestorven beschouwd. Vermeldingen in Bulgarije, Italië en het voormalige Joegoslavië (Tutin e.a., 1980) worden als onbetrouwbaar verondersteld (Cook, 1983). De globale verspreiding van Drijvende waterweegbree in Europa is gegeven in figuur 3a.



Figuur 3a. Globale verspreiding van Drijvende waterweegbree in Europa.

Op de pleistocene zandgronden van Nederland was Drijvende waterweegbree vroeger een vrij algemene soort. Echter, tegenwoordig is deze zeldzaam geworden en komt enkel nog voor in de provincies Noord-Brabant, Limburg, Gelderland, Overijssel, Friesland en Drenthe. Op de Waddeneilanden is de soort recentelijk bekend van enkele locaties op Terschelling. De soort concentreert zich in Nederland vooral in Noord-Brabant en Noord-Limburg (Janssen & Schaminée, 2004). In Noord-Brabant is sinds 1974 voor 290 van de 5374 kilometerhokken melding gemaakt van het voorkomen van Drijvende waterweegbree. Een globale verspreiding van de soort in Nederland is gegeven in figuur 3b.



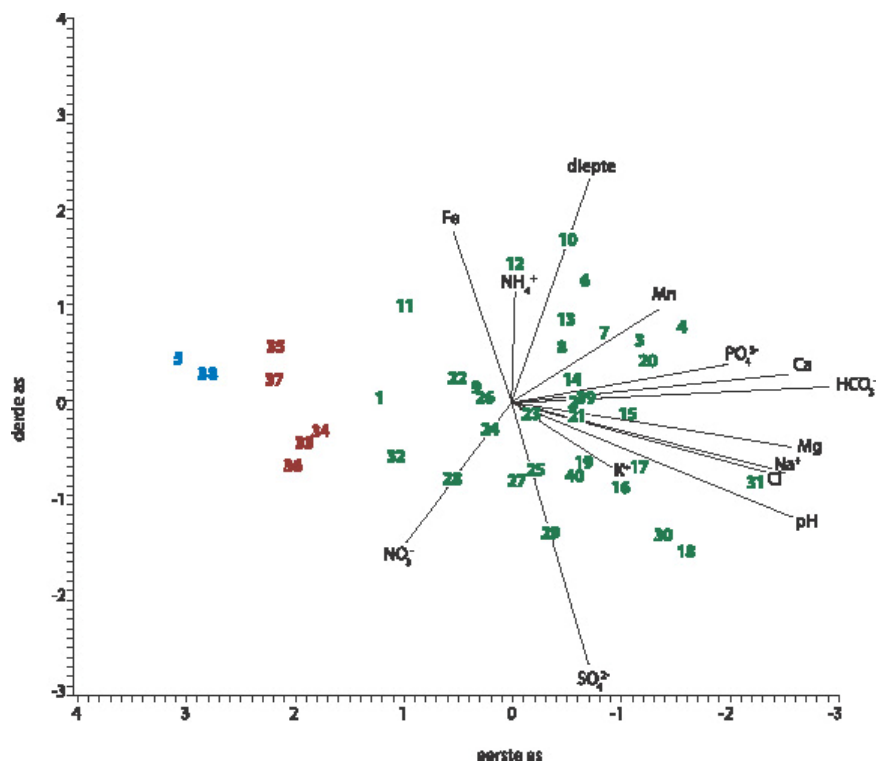
Figuur 3b. Globale verspreiding van Drijvende waterweegbree in Nederland (data ontleend aan de Landelijke Vegetatie Databank).

3. HABITATTYPEN

Drijvende waterweegbree heeft een brede fundamentele niche, dat wil zeggen een breed scala van habitattypen waar de soort zich in principe kan vestigen en uitbreiden indien er geen concurrentie van andere planten is (Greulich e.a., 2000). De soort heeft echter enkele typische plantkenmerken (traits) die afwijkend zijn van andere waterplanten, waardoor de gerealiseerde (actuele) niche beperkt is tot de volgende twee habitattypen: 1) voedselarme zwak gebufferde wateren en 2) matig harde en eutrofe wateren die regelmatig verstoord worden.

3.1 Voedselarme zwak gebufferde wateren

Vanwege de typisch lage groeisnelheid van isoëtiden, en de hieruit voortvloeiende inefficiëntie tot lichtcompetitie, zijn isoëtiden als Drijvende waterweegbree weinig concurrentiekrachtig in vergelijking tot de meeste andere waterplanten (Hanspach & Krausch, 1987; Wilby & Eaton, 1993; Middelboe & Markager, 1997; Greulich & Bornette, 1999). Daarom komt de soort typisch voor in oligotrofe (voedselarme) zwak gebufferde wateren. Dit is het geval in Nederland (Westhoff & Den Held, 1969), Duitsland (Hanspach & Krausch, 1987), Noorwegen (Halvorsen & Grøstad, 2002), Zweden (Frits, 1989) en Polen (Szanskowski, 2001). Oligotrofe zwak gebufferde wateren komen voor op kalkarme zandige of graniëte bodems en worden voornamelijk gevoed door regenwater dat direct of via lokaal oppervlakkig afstromend grondwater in het systeem terecht komt. Kooldioxide concentraties in de waterlaag zijn hierdoor zeer laag en nagenoeg in evenwicht met de lucht.



Figuur 4a. DCA diagram van waterlaag parameters correlerend met het voorkomen van bepaalde vegetatietypen zoals vermeld in tabel 2 (Van Katwijk & Roelofs, 1988). Rood= vegetatietypen behorend tot zwak gebufferde wateren (habitat van Drijvende waterweegbree); Blauw= vegetatietypen behorend tot zuur water; Groen= overige vegetatietypen.

Een uitgebreid onderzoek uitgevoerd in meer dan 600 oppervlaktewateren in Nederland (Bloemendaal & Roelofs, 1988; Van Katwijk & Roelofs, 1988) geeft een goed idee van enkele typische kenmerken van de isoëtide omgeving. In Figuur 4a-c staan de DCA (Detrended Correspondence Analysis) diagrammen van de bodem, het bodemwater, het oppervlakte water en de classificatie van de verschillende vegetatietypen uit dit onderzoek vermeld. In een DCA diagram wordt de afstand van soorten ruimtelijk weergegeven. Met behulp van pijlen worden de factoren gegeven die sterk correleren met het voorkomen van de soorten. De lengte van de pijl, en de afstand van de soorten tot deze pijl, geeft aan in welke mate een factor in toenemende mate verklarend kan werken op het voorkomen van een soort. Des te langer de pijl en/of des te korter de afstand van de soort tot deze pijl, des te meer een factor correleert met het voorkomen van de soort (Shaw, 2003). Uit de diagrammen in Figuur 4a-c blijkt dat de habitat van Drijvende waterweegbree (rode nummers nr 33 t/m 37) gekenmerkt wordt door:

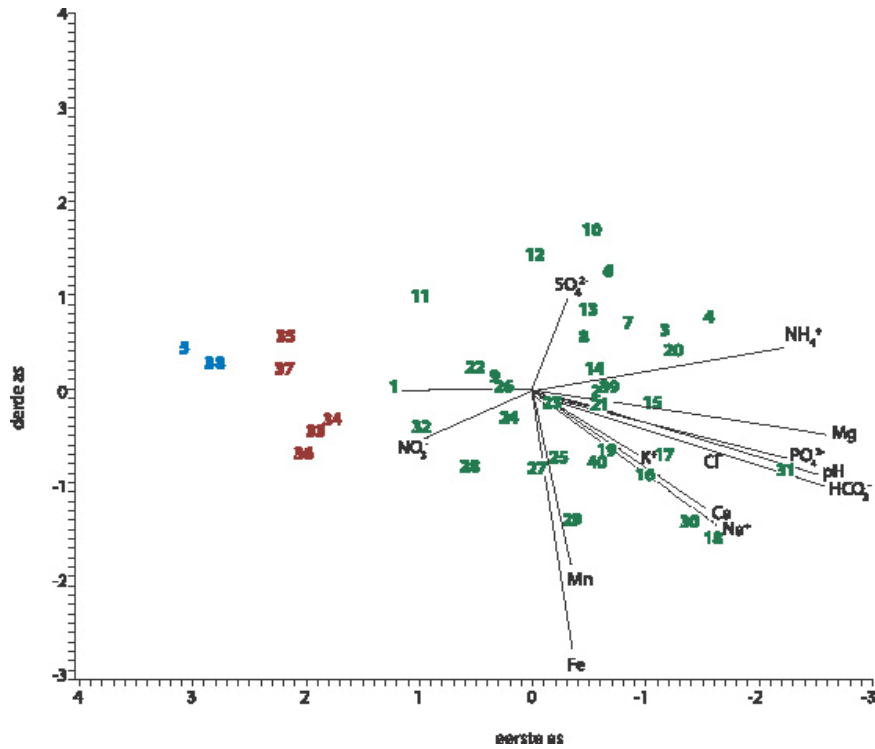
- 1) Een hoge redox potentiaal van het sediment (aëroob).
- 2) Een relatief lage alkaliniteit/hardheid van de waterlaag en het bodemvocht.
- 3) Een relatief lage aciditeit van het bodemvocht (weinig koolzuur).
- 4) Lage fosfaatconcentraties in bodemvocht en waterlaag.
- 5) Nitraat (en niet ammonium) is de dominante stikstof vorm in de waterlaag en het bodemvocht.

Planten die zich onder deze omstandigheden kunnen handhaven moeten dus aangepast zijn aan de lage beschikbaarheid van kooldioxide (CO_2) en/of nutriënten in de waterlaag en de bodem. Isoëtiden hebben hiertoe speciale fysiologische en morfologische aanpassingen ontwikkeld. In tegenstelling tot de meeste waterplanten bezitten zij arbusculaire mycorrhiza schimmels die de opname van fosfaat uit calcium-fosfaat (apatiet) mogelijk maken. De aanwezigheid van deze mycorrhizas is onlangs aangetoond in een populatie Drijvende waterweegbree afkomstig uit de Banen in Nederweert (Baar e.a. submitted). Daarnaast hebben de meeste isoëtiden een CAM fotosynthese mechanisme (Crassulacean Acid Metabolism) ontwikkeld dat hen in staat stelt kooldioxide op te nemen gedurende de nacht wanneer de beschikbaarheid hiervan relatief hoog is. Het kooldioxide dat vrijkomt bij de respiratie kan efficiënt worden hergebruikt, omdat het gemakkelijk opgevangen kan worden in een uitgebreid luchtkanalensysteem dat aanwezig is in de scheut en de wortel. Ten slotte hebben isoëtiden een uitgebreid wortelstelsel dat, in tegenstelling tot andere emergente waterplanten en planten met drijfbladeren, over de gehele lengte sterk permeabel is. Hierdoor kunnen ze optimaal gebruik maken van kooldioxide uit de bodem waar de concentratie wel 100 maal hoger kan zijn dan in de waterlaag. Isoëtiden hebben namelijk een hoge ROL activiteit van de wortels (Radial Oxygen Loss= radiaal zuurstofverlies) doordat de scheut vanwege de aanwezigheid van een waslaag en de (grotendeels) afwezigheid van huidmondjes slecht doorlaatbaar is, terwijl de wortel zeer permeabel is. Zuurstof treedt over de gehele wortellengte maar vooral aan de wortelbasis uit. ROL stimuleert de afbraak van organische stof in de bodem waarbij CO_2 en nutriënten vrijkomen die de plant achtereenvolgens kan opnemen (Madsen e.a. 2002). Een ander voordeel van een hoge ROL activiteit is dat isoëtiden hun eigen leefomgeving voedselarm kunnen houden. ROL leidt namelijk tot nitrificatie van ammonium in de bodem. Het gevormde nitraat wordt vervolgens gedenitrificeerd in de diepere zuurstofloze bodem waarbij stikstofgas gevormd

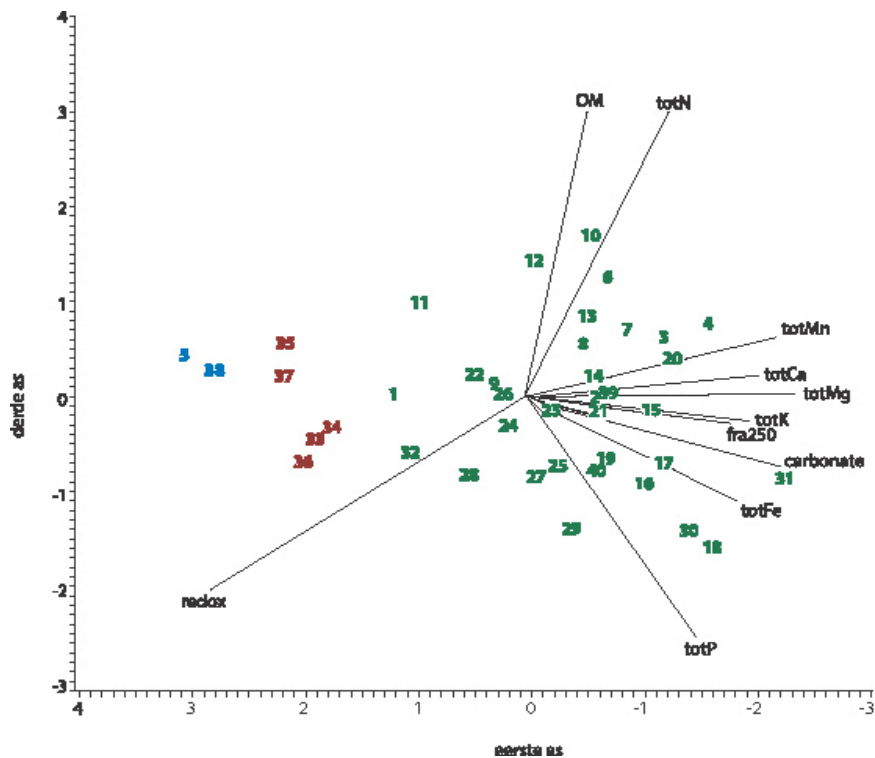
wordt dat uit het systeem ontwijkt. Daarnaast functioneert de zuurstof verrijkte toplaag van de bodem als een barrière tegen de diffusie van fosfaat naar de waterlaag. Op deze wijze kunnen isoëtiden de concurrentie van andere planten minimaliseren, en kunnen door isoëtiden gedomineerde vegetaties duizenden jaren stabiel zijn onder natuurlijke condities.

Tabel 2. Vegetatietypen in de 600 bemonsterde Nederlandse wateren (Bloemendaal & Roelofs, 1998; Van Katwijk & Roelofs, 1988). De vegetatienummers komen overeen met de nummers in de DCA diagrammen (Figuur 4a-c).

nr	Vegetatietype
1	Lemna minor en Littorelletae soorten
2	Lemna trisulca en Hydrocharis morsus-ranae
3	Lemna gibba en Spirodela polyrhiza
4	Azolla filiculoides en Lemna gibba
5	Utricularia minor
6	Utricularia vulgaris
7	Stratiotes aloides (variant met Lemnetae-soorten)
8	Stratiotes aloides (variant met Potametea-soorten)
9	Chara hispida
10	Nymphaea candida en/of Nuphar lutea
11	Nymphaea alba
12	Nuphar lutea en Nymphaea alba
13	Nuphar lutea en Ceratophyllum demersum
14	Nuphar lutea en Elodea nuttallii
15	Nymphoides peltata
16	Myriophyllum spicatum
17	Myriophyllum spicatum en/of Potamogeton pectinatus
18	Potamogeton pectinatus en/of Zannichellia palustris
19	Elodea nuttallii en/of Potamogeton trichoides
20	Potamogeton berchtoldii
21	Myriophyllum verticillatum
22	Potamogeton natans en Utricularia australis en/of Riccia fluitans
23	Elodea nuttallii
24	Potamogeton natans
25	Elodea canadensis
26	Potamogeton alpinus
27	Hottonia palustris
28	Ranunculus peltatus en/of Glyceria fluitans
29	Callitriche platycarpa
30	Ranunculus baudotii, Callitriche obtusangula en/of Ceratophyllum submersum
31	Zannichellia pedunculata
32	Myriophyllum alterniflorum, Callitriche hamulata en/of Ranunculus peltatus
33	Luronium natans en/of Lythrum portula
34	Potamogeton polygonifolius
35	Littorella uniflora
36	Pilularia globulifera
37	Scirpus fluitans en/of Juncus bulbosus
38	Juncus bulbosus en/of Sphagnum spec.
39	Hippuris vulgaris
40	Draadwieren (FLAB=floating algae beds)



Figuur 4b. DCA diagram van bodemvocht parameters correlerend met het voorkomen van bepaalde vegetatietypen zoals vermeld in tabel 2 (Van Katwijk & Roelofs, 1988). Rood= vegetatietypen behorend tot zwak gebufferde wateren (habitat van Drijvende waterweegbree); Blauw= vegetatietypen behorend tot zuur water; Groen= overige vegetatietypen.



Figuur 4c. DCA diagram van bodem parameters correlerend met het voorkomen van bepaalde vegetatietypen zoals vermeld in tabel 2 (Van Katwijk & Roelofs, 1988). Rood= vegetatietypen behorend tot zwak gebufferde wateren (habitat van Drijvende waterweegbree); Blauw= vegetatietypen behorend tot zuur water; Groen= overige vegetatietypen.

3.2 Eutrofe hardere wateren

Drijvende waterweegbree is een soort die winterhard is en zich snel vegetatief kan uitbreiden. Door deze twee typische traits kan de soort snel tot aggregaatvorming komen in open en verstoorde plekken. Deze aggregaatvorming kan compenserend werken voor de relatief lage groeisnelheid, doordat het de competitie voor ruimte en nutriënten in de bodem versterkt (Greulich & Bornette, 2003; Bazydło, 2004). Hierdoor is Drijvende waterweegbree ook relatief goed in staat open en verstoorde plekken te bezetten in matig harde en voedselrijke wateren, indien deze onderhevig zijn aan regelmatige verstoring (Greulich e.a. 2000^a; Greulich e.a. 2000^b). Als dit niet het geval is zal de soort snel weggeconcentreerd worden door plantensoorten kenmerkend voor eutrofe en hardere wateren. Bij verstoring moet gedacht worden aan regelmatige drooglegging, opschoning, overstrooming en bootverkeer. Drijvende waterweegbree komt door deze kenmerken bijvoorbeeld voor in bevaarbare kanalen in Groot Brittannië en de bovenstroom van de Rhone en de Ain in Frankrijk (Szmeja & Clement, 1990; Willby & Eaton, 1993).

4. ACHTERUITGANG EN BEDREIGING

In de vorige eeuw zijn isoëtide vegetaties in Europa en Noord-Amerika over het algemeen sterk afgenomen. Isoëtiden komen specifiek voor in voedselarme en zwak gebufferde wateren omdat zij in tegenstelling tot andere waterplanten sterk zijn aangepast aan dit type milieu en daarom geen nadeel ondervinden van hun relatief lage groeisnelheid en concurrentiemogelijkheid voor licht. Alle factoren die leiden tot het opheffen van zwak gebufferde en/of voedselarme condities in de bodem en de waterlaag werken daarom nadelig op de competitie met andere waterplanten en dus op het voortbestaan van de soort. In de komende paragrafen staan bedreigingen voor het isoëtide milieu vermeld. De verschillende bedreigingen staan niet helemaal op zichzelf maar beïnvloeden elkaar sterk. Zo kan verzuring bijvoorbeeld ook leiden tot eutrofiëring en kan inlaat van gebiedsvreemd hard water naast waterverharding ook leiden tot interne eutrofiëring. Dit laatste is vooral het geval indien het water ook rijk is aan sulfaat.

4.1 Verzuring en klimaatsveranderingen

Veel ondiepe zwak gebufferde wateren in West-Europa, die van oudsher gedomineerd werden door isoëtiden, worden tegenwoordig gedomineerd door Knolrus (*Juncus bulbosus*) en Veenmos (*Sphagnum spec.*). In Nederland is verzuring ten gevolge van verhoogde depositie van zwavel- en stikstofcomponenten de hoofdoorzaak geweest voor deze vegetatieverandering (Roelofs, 1983; Roelofs et al., 1984; Schuurkes, 1987; Arts et al., 1990; Roelofs, 2002). In grote delen van West-Europa bestond de zure regen gedurende de afgelopen decennia voor 60-80% uit ammonium-sulfaat. Nitrificatie (oxidatie van ammonium tot nitraat) kan verzuring van de waterlaag veroorzaken (zie reactievergelijking). Indien de pH lager is dan pH 4,5 wordt de nitrificatie geremd waardoor stikstof ophoopt in de vorm van ammonium. Verzuring van meren met een licht kalkhoudende bodem leidde tevens tot de vorming van kooldioxide in de bodem en de nalevering hiervan naar de waterlaag. Knolrus komt als kleine plant tussen de isoëtide vegetatie voor indien kooldioxide concentraties in de waterlaag laag zijn. Dit komt door de slechte aanpassing van deze plant aan de opname van kooldioxide uit de bodem (Roelofs et al., 1984, Svedäng, 1990). Ten gevolge van verzuring is zowel de C als N beschikbaarheid in de waterlaag van zwak gebufferde meren toegenomen. Knolrus en Veenmos zijn soorten die van deze situatie gebruik kunnen maken en in korte tijd de isoëtide vegetatie kunnen overwoekeren (Svedäng, 1992; Paffen & Roelofs, 1991).

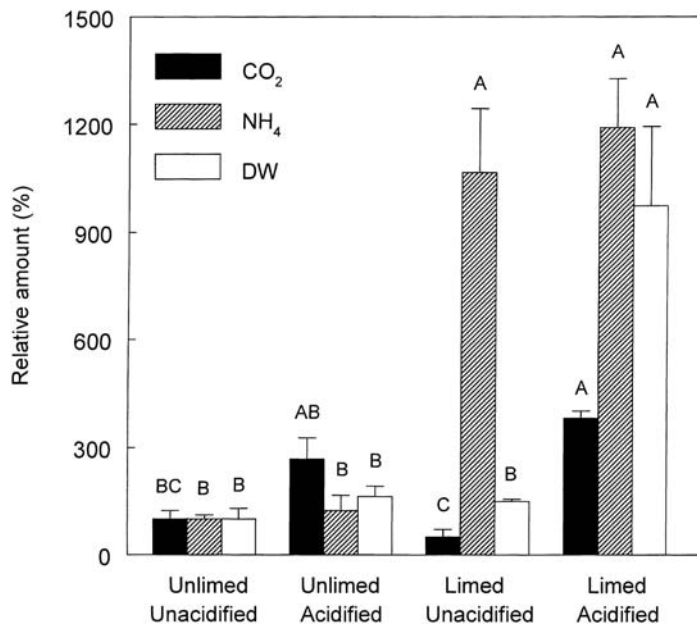


In Noorse meren met graniete extreem kalkarme bodems, leidde verzuring in de jaren tachtig niet tot een algemene massale ontwikkeling van Knolrus. De reden hiervoor was dat de neerslag hier veel armer was aan stikstof en de bodems van deze meren van nature al armer waren aan stikstof en fosfaat. De groei van Knolrus werd dus gelimiteerd door de lage fosfaat- en stikstofbeschikbaarheid. Echter, in een deel van de meren trad wel woekering op van Knolrus. Deze meren hadden gemeen dat ze bekalkt waren ten einde de visstand, die ernstig te lijden had onder de verzuring, te herstellen. In deze meren vond in het voorjaar ook tijdelijk

herverzuring van de waterlaag plaats omdat de input van zure neerslag dan relatief hoog was (veel smeltwater en/of regenwater). Door het neerslaan van de overmaat kalk in de bodem werd de mineralisatie van het organische sediment sterk gestimuleerd, en leidde zo tot een sterke toename van stikstof en fosfaat in het bodemvocht. Door de hoge zuurstofconsumptie in het sediment werd dit achtereenvolgens anaëroob (zuurstofloos) waardoor geen nitrificatie van stikstof meer plaatsvond en ophoping van ammonium plaatsvond. Onder deze voedselrijke condities verdwenen de isoëtiden en kon er tijdelijk een woekering van Knolrus optreden omdat er geen limitatie van kooldioxide en/of nutriënten meer was. De planten van Knolrus bereikten hierbij een ongekende grootte van wel 2 m lang. Omdat in de zomer de invloed van zure neerslag weer afnam, namen ook kooldioxide concentraties in de waterlaag weer af, waardoor matten met Knolrus weer afstierven. Echter, er trad in de Noorse bekalkte meren geen herkolonisatie van isoëtiden op omdat het sediment anaëroob en ammoniumrijk is gebleven. Dit verschijnsel geldt ook voor verzuurde en geëutrofiëerde vennen in Nederland waar in het verleden tijdelijk woekering van Knolrus heeft plaatsgevonden. Spontaan herstel zal daarom doorgaans niet plaatsvinden (zie ook Figuur 5 & 6). (Roelofs e.a. 1994; Roelofs e.a. 1995; Lucassen e.a. 1999).



Figuur 5. Massale ontwikkeling van Knolrus (bruine matten) in Noorse bekalkte meren die in de winter en het voorjaar herverzuuren. Ook zichtbaar zijn de witte bloemen van de Waterlobelia die boven het wateroppervlak uitsteken (Foto: E. Lucassen).



Figuur 6. Resultaten van een mesocosm experiment waaruit blijkt dat herverzuring van bekaakt sediment leidt tot hogere kooldioxide concentraties in de waterlaag en een verhoogde ammoniumbeschikbaarheid in het bodemvocht. Deze combinatie resulteert in zeer hogere biomassa van Knolrus (DW) (Lucassen e.a. 1999).

De depositie van verzurende N en S verbindingen is de afgelopen jaren echter sterk afgenomen en er is geen sprake meer van zure regen. Gemiddelde jaarlijkse pH waarden van het regenwater in Zuid-Limburg (Voerendaal) liggen bijvoorbeeld tussen pH 6.5 en pH 7.0 (Lucassen, ongepubliceerde data). Het is daarom te verwachten dat verzuring geen groot effect meer zal hebben op zwak gebufferde wateren.

Echter, woekering van Knolrus en Veenmos kan in principe ook optreden ten gevolge van toekomstige klimaatsveranderingen. Het ligt in de lijn der verwachting dat huidige atmosferische kooldioxide concentraties (370 ppm) aan het einde van de eeuw verdubbeld zijn. Dit zal leiden tot een verhoogde primaire productie en respiratie in de oeverzones van vennen en meren, resulterend in een toenemende kooldioxide toevoer via het lokale grondwater. Daarnaast zal de diffusie van kooldioxide uit de waterlaag richting de atmosfeer geremd worden door een hogere atmosferische kooldioxide concentratie. Beide processen zullen leiden tot een sterk verhoogde beschikbaarheid van kooldioxide in zwak gebufferde meren. Afhankelijk van de beschikbaarheid van andere nutriënten (N en P) zal de ontwikkeling van Knolrus en Veenmos gestimuleerd worden ten koste van de isoëtide vegetatie inclusief Drijvende waterweegbree.

4.2 Eutrofiëring

Eutrofiëring is de verrijking en verzuivering van een ecosysteem door een verhoogde input van nutriënten. Eutrofiëring kan een externe maar ook een interne bron hebben. We spreken van externe eutrofiëring indien verrijking met voedingsstoffen van buiten het systeem afkomstig is. Dit is bijvoorbeeld het geval indien meststoffen inspoelen vanuit de landbouw. We spreken van interne eutrofiëring indien de voedingsstoffen binnen het systeem vrijgemaakt worden (Roelofs, 1991).

De meest bekende oorzaak van interne eutrofiëring is het inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd water. Deze complexe problematiek zal in paragraaf 4.3 besproken worden.

Eutrofiëring van oppervlaktewater is een wijdverspreid probleem. Door de lage intrinsieke groeivorm van isoëtiden zijn deze slecht aangepast aan nutriëntopname uit de waterlaag. De resultaten van het verspreidingsonderzoek van Bloemendaal & Roelofs (1988) (figuur 4a-c en tabel 2) bevestigen dat verrijking van de waterlaag in eerste instantie leidt tot de vervanging van isoëtiden door grotere waterplanten die beter zijn aangepast aan de opname van nutriënten uit de waterlaag zoals *Myriophyllum alterniflorum*, *Callitriche hamulata*, *Ranunculus peltatus* en *Potamogeton natans*. Een nog verdere toename van de nutriëntenconcentratie leidt normaliter tot de ontwikkeling van epifyten, fytoplankton en niet wortelende waterplanten waaronder *Lemnaceae*. Door de verminderde hoeveelheid licht en een verhoging van het organische stofgehalte neemt de isoëtide vegetatie af in omvang. De redenen hiervoor zijn:

a) *Verminderde hoeveelheid licht*

Waterplanten met een rozette groeivorm hebben een hogere lichtbehoefte dan charofyten en caulescente (= met goed ontwikkelde bovengrondse stengel) waterplanten. Ten eerste kunnen grotere waterplanten lichtgebrek voorkomen door sneller naar het wateroppervlak te groeien. Daarnaast hebben isoëtiden door hun aanpassingen aan een lage koolstof beschikbaarheid een hogere “specifieke koolstof waarde” (=plant biomassa per deel licht absorberend oppervlak) dan andere planten. Hierdoor hebben isoëtiden relatief meer te lijden van een lagere lichtbeschikbaarheid ten gevolge van overschaduwing door grotere waterplanten, fytoplankton en epifyten (Middelboe & Markager, 1997).

b) *Accumulatie van organisch materiaal onder eutrofe condities*

Een toename van het organische stofgehalte in de bodem (door bijvoorbeeld overmatig bladinvall) kan zeer ongunstig zijn voor de ontwikkeling van isoëtide vegetaties. Dit hangt echter af van de kwaliteit van het organische materiaal en de snelheid waarmee dit kan worden afgebroken. In Noorse meren, met bodems die soms wel voor 43% uit organische stof bestaan, kunnen isoëtiden goed gedijen (Roelofs et al., 1994). Vanwege de oligotrofe status van het materiaal (een hoge C-N ratio), in combinatie met de lage buffercapaciteit van het sediment, vindt er nauwelijks microbiële afbraak plaats waardoor er geen overmatig verbruik van zuurstof plaatsvindt en de redox potentiaal van de bodem hoog blijft. Onder eutrofe condities vindt deze snelle afbraak wel plaats. Een lagere C-N ratio van het organische materiaal bevordert namelijk de microbiële afbraak. Door de hogere afbraak wordt de bodem voedselrijker waardoor de scheut biomassa van de planten toeneemt terwijl de wortelbiomassa afneemt (Sand-Jensen & Søndergaard, 1979; Roelofs et al., 1994). De poreuze met lucht gevulde scheuten hebben een lage specifieke zwaartekracht en in combinatie met de afgenomen root-shoot ratio laten isoëtiden gemakkelijk los ten gevolge van een mechanische verstoring zoals een windstorm (Raven, 1988).

Indien het milieu reductief (zuurstofloos) wordt gaan Fe en Mn verbindingen in de bodem in oplossing, waardoor de concentratie aan deze elementen sterk toeneemt. Deze verbindingen worden achtereenvolgens weer geoxideerd in de rhizosfeer waar

ze leiden tot de vorming van ijzer- en mangaanplaques op het worteloppervlak van de planten (zie ook figuur 1 en 18). In extreme gevallen kan deze neerslag de gehele wortel bedekken en de opname van fosfaat remmen omdat dit aan het ijzer en mangaan in de wortelplaque gebonden wordt (Christensen & Wigand, 1998). Door de hoge permeabiliteit aan de wortelbasis treden sterke zuurstofverliezen op in sterk reductieve bodems. Hierdoor krijgen de groeipunten van de wortels te weinig zuurstof. Wegens een tekort aan zuurstof wordt het wortelmetabolisme, de associatie met mycorrhizas en het vasculaire transport bemoeilijkt. Hierdoor sterft de plant langzaam af (Sand-Jensen e.a. 2005). Indien overmatige sulfaatreductie in de anaërobe bodem plaatsvindt zal sulfide sterk accumuleren hetgeen toxisch is voor isoëtiden (Adema et al., 2003; Van der Welle, 2006).

4.3 Inlaten en opstuwen van rivierwater en/of grondwater

Gedurende de afgelopen eeuw is het grondwaterpeil in grote delen van Nederland sterk gedaald. In het stroomgebied van waterlopen neemt de kweldruk vaak af door bovenstroomse ingrepen ten behoeve van de landbouw (drainage) en door grondwaterwinningen. Om verdroging te bestrijden worden sinds de vorige eeuw in grote delen van Nederland een tweetal maatregelen getroffen:

1. Inlaat van gebiedsvreemd water afkomstig uit de Maas en de Rijn
2. Opstuwen van grondwater en/of rivierwater

Rivierwater heeft echter een andere chemische samenstelling dan lokaal grondwater. Het is vaak rijk aan bicarbonaat, natrium, chloride en sulfaat terwijl het ondiepe lokale gebiedseigen grondwater in Brabant relatief zacht is en relatief veel ijzer en weinig sulfaat bevat (zie ook figuur 8 en paragraaf 5.1). Daarnaast hebben beide maatregelen een negatief effect op het uittreden van ijzerrijk grondwater op kwellocaties (waaronder kwel sloten). Door het effect dat deze maatregelen hebben op de hardheid en de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem, vormen ze een serieuze bedreiging voor Drijvende waterweegbree.

Gedurende de afgelopen decennia is de concentratie aan sulfaat in zowel grondwater als rivierwater sterk toegenomen. Verhoogde sulfaatconcentraties kunnen het gevolg zijn van:

1. Mijnbouwactiviteiten: pyriethoudende metaalertsen worden geoxideerd waarbij sulfaat en zuur als bijproduct gevormd worden. Het afvalwater wordt vaak geloosd in rivieren. Voorbeeld hiervan zijn de zinkfabriek in Budel Dorplein en de voormalige mijnbouw in het Geuldal (Kelmis en Plombière in België).
2. Uitspoeling van zwavel uit meststoffen in de landbouw.
3. Infiltratie van zeewater.
4. Verdroging en oxidatie van oude pyriethoudende (FeS_2) mariene afzettingen in de ondergrond.
5. Uitspoeling van nitraat en oxidatie van oude pyriethoudende (FeS_2) mariene afzettingen in de ondergrond door nitraat (zie figuur 7).

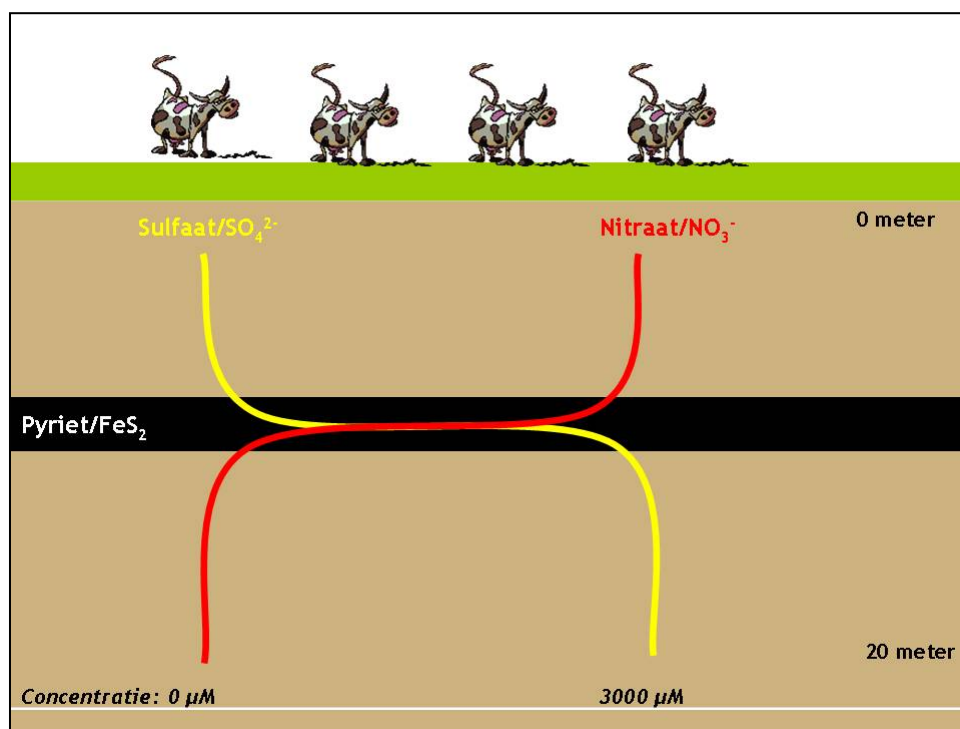
Een uitgebreid onderzoek naar de toestand van de kwaliteit van het grondwater in Noord-Brabant, laat zien dat er een duidelijk verband is tussen de nitraat- en sulfaatconcentraties in het grondwater (figuur 8). In het ondiepe grondwater (0-5 m) zijn de nitraatconcentraties vaak zeer hoog door uitspoeling van nitraat

afkomstig uit de landbouw. Beneden 5 m neemt de concentratie nitraat sterk af en beneden een diepte van 15 m zijn de waarden vaak zeer laag. De sulfaatconcentraties vertonen een exact omgekeerd patroon. In het ondiepe grondwater (0-5 m) is de concentratie sulfaat namelijk laag terwijl plaatselijk vanaf 5 m diepte zeer hoge concentraties kunnen voorkomen. Beneden een diepte van 15 m worden deze hoge concentraties algemener (Van der Grift e.a. 2004). Hieruit kan geconcludeerd worden dat nitraatuitspoeling uit de landbouw een belangrijke bron vormt voor vervuiling van het grondwater in Noord-Brabant met sulfaat. Door overmatige bemesting spoelt veel nitraat uit waardoor ijzer-sulfiden (waaronder pyriet) in mariene afzettingen geoxideerd worden onder vorming van stikstofgas, zuur, ijzer(hydr)oxide en sulfaat (zie reactievergelijking). Het stikstofgas ontwijkt naar de atmosfeer en het geoxideerde ijzer blijft achter in de bodem. Het gevormde sulfaat is zeer mobiel en spoelt uit naar het grondwater (zie reactievergelijking en figuur 7).

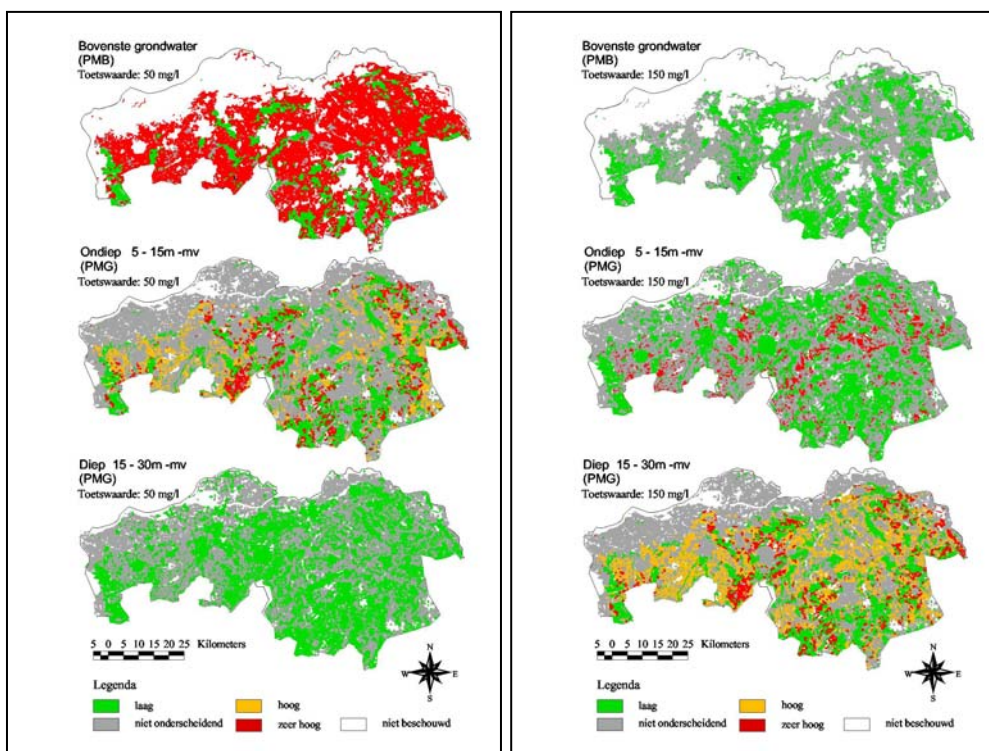


Via het grondwater komt het sulfaat terecht in grondwater gevoede natuur waaronder rivieren en kwelmoerassen. Hier kan het achtereenvolgens zeer negatieve effecten hebben:

1. Een verhoogde accumulatie van zware metalen
2. Een verhoogde gevoeligheid voor verzuring en mobilisatie van metalen tijdens extreme droogte
3. Fosfaateutrofiëring



Figuur 7. Nitraatuitspoeling in de landbouw leidt tot oxidatie van mariene pyrietafzetting in de ondergrond, en mobilisatie en uitspoeling van sulfaat naar het grondwater.



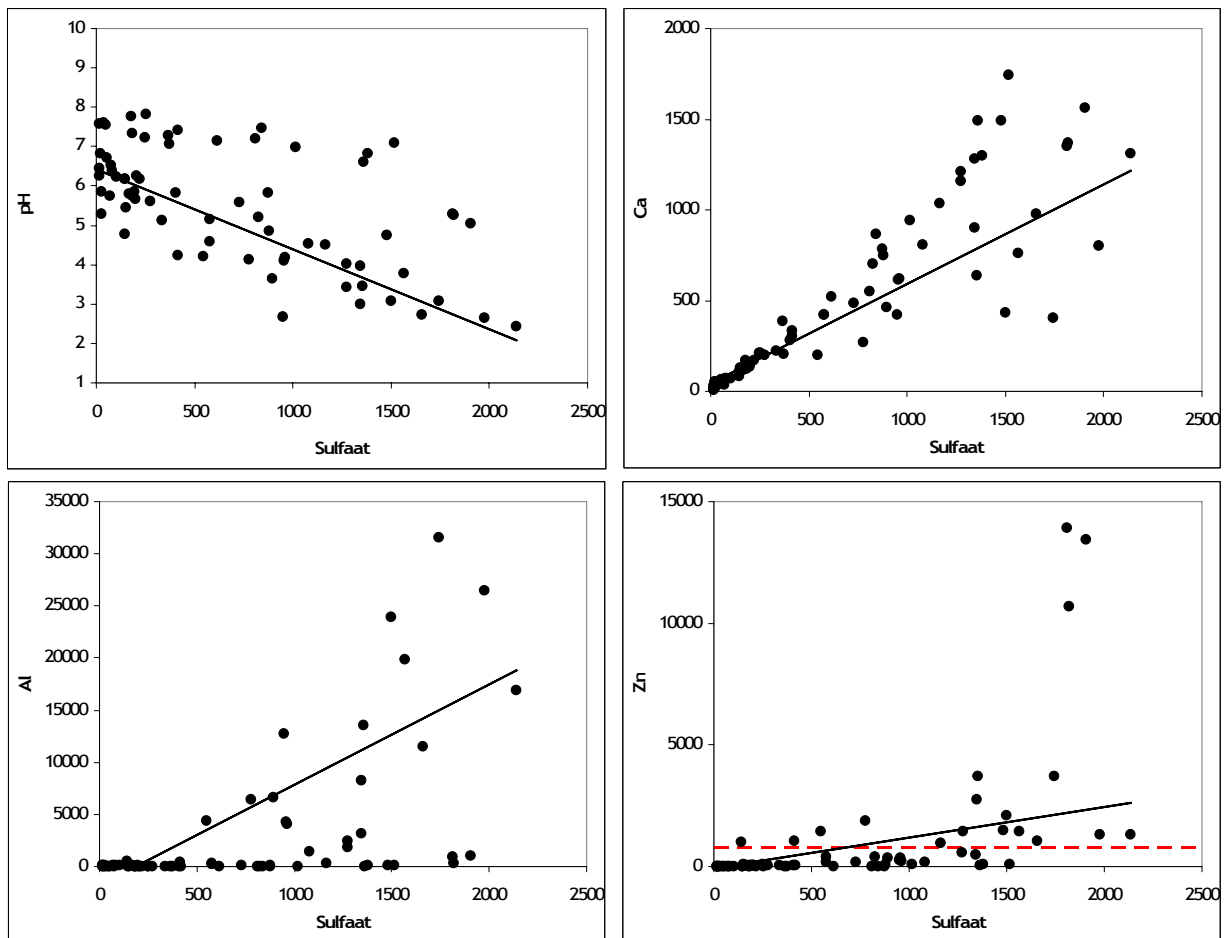
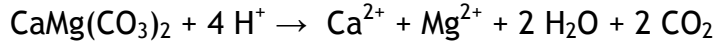
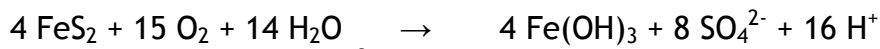
Figuur 8. Concentratie nitraat (links) en sulfaat (rechts) in het bovenste (0-5 meter), ondiepe (5-15 meter) en diepe (15-30 meter) grondwater in Noord-Brabant. Uit: Van der Grift e.a. (2004).

4.3.1 Accumulatie en beschikbaarheid van zware metalen: de $S/(Ca+Mg)$ ratio

In natuurgebieden die gevoed worden met sulfaatrijk rivierwater en/of grondwater wordt het sulfaat in organische bodems gereduceerd tot sulfide dat sterk bindt aan ijzer en andere (zware) metalen. Hierdoor accumuleren vaak (zware) metalen in de vorm van metaal-sulfiden (Lucassen e.a. 2002^a). Dit is vooral het geval in gebieden waar het grondwater en/of oppervlaktewater verontreinigd is met zware metalen, zoals het geval is in de Brabantse Kempen, vanwege de aanwezigheid van de zinkfabriek in Budel Dorplein. Hierdoor worden in Limburgse grondwater gevoede natuurgebieden vaak streefwaarden voor zware metalen in de bodem overschreden (Lucassen 2005^a; 2005^b). Indien tijdens extreem droge zomers het grondwaterpeil sterk daalt, treedt oxidatie van het geaccumuleerde ijzer-sulfide op waarbij zuur gevormd wordt (zie reactievergelijking). Het zuur reageert in eerste instantie met het bodem-adsorptiecomplex waarmee calcium- en magnesiumionen worden uitgewisseld. Met toenemende zuurproductie lossen ook calcium- en magnesiumcarbonaten op waarbij calcium- en magnesiumionen vrijkomen (zie reactievergelijkingen). Indien de zuurproductie (door pyrietoxidatie) hoger is dan de buffercapaciteit van de bodem, treedt verzuring op en lossen metalen (geoxideerde metaal-sulfiden) op in de bodem na hervernatting. Dit treedt over het algemeen op indien de $S/(Ca+Mg)$ ratio in de bodem hoger is dan $2/3$ (Lucassen e.a. 2002^a).

Het feit dat deze processen daadwerkelijk optreden in Brabant blijkt uit Figuur 9. Hierin staan de effecten van kunstmatige droogval op de voor dit soortbeschermingsplan onderzochte bodems afkomstig uit Noord-Brabantse vennen, plassen en waterlopen (zie paragraaf 5.3.1). Door droogval en pyrietoxidatie daalt in sommige bodems de pH tot waarden van pH 2-4. Dit gaat gepaard met een sterke

toename van de sulfaatconcentratie en mobilisatie van de metalen Al en Zn. Hierbij wordt soms de interventiewaarde van Zn voor ondiep grondwater overschreden.



Figuur 9. Verzuring en mobilisatie van zware metalen kan optreden na kunstmatige droogval van bodems uit Brabantse vennen, plassen en waterlopen. De oorzaak hiervoor is de accumulatie van sulfiden onder invloed van sulfaatrijk (grond)water (bemonsterde locaties zie paragraaf 5.3.1). Concentraties zijn gegeven in $\mu\text{mol/L}$ (Ca en SO_4^{2-}) en ppm (Al en Zn). De rode lijn geeft de interventiewaarde voor zink in het ondiepe grondwater.

4.3.2 Effecten op de beschikbaarheid van nutriënten

Grondwaterpeilen zijn in Nederland van nature relatief laag in de zomer en hoog in het vroege voorjaar. Om aan de behoeften in de landbouw te kunnen voldoen wordt in beken en sloten vaak een omgekeerd waterpeil gehanteerd. In de zomer wordt het waterpeil relatief hoog ingesteld om te kunnen voldoen aan de waterbehoefte in de landbouw. In de winter wordt water juist versneld afgelaten om te hoge waterstanden in de landbouw te voorkomen. Het kunstmatig verhogen van het waterpeil in sloten en beken wordt vaak als gunstig beschouwd voor zowel

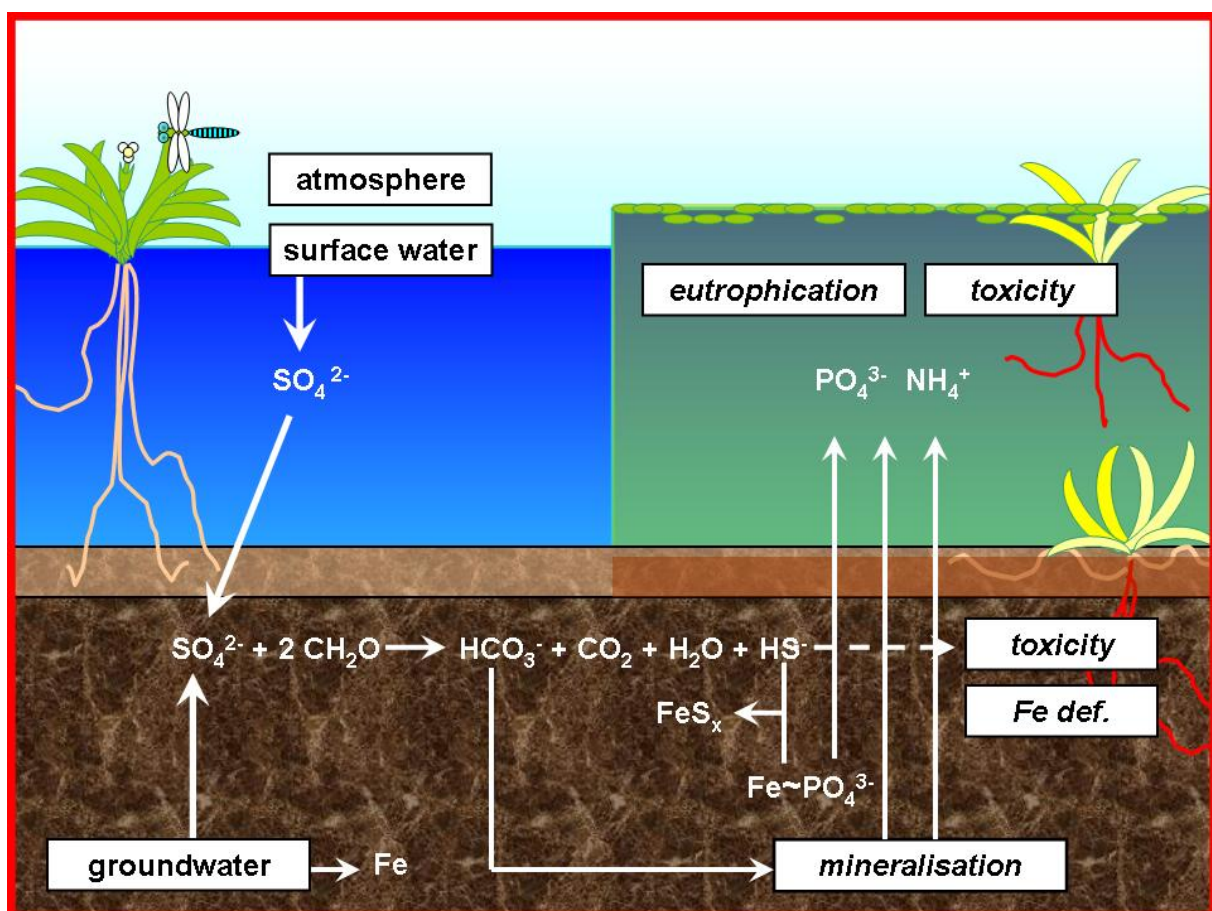
landbouw als natuur, omdat deze beiden te leiden hebben onder de verdroging. Het waterpeil in sloten en beken wordt, ter compensatie van verdroging, vaak verhoogd door middel van het inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd rivierwater en/of lokaal met nitraat en sulfaat verrijkt grondwater. Dit heeft echter een averechts effect op de natuurontwikkeling in grondwater gevoede gebieden. Dit komt door de volgende biogeochemische processen (zie ook figuur 10):

1. Door de inlaat van rivierwater stijgt de bicarbonaatconcentratie van het oppervlaktewater in de waterlopen. Dit stimuleert de afbraak van organische stof in bodems, omdat door de meer gebufferde omstandigheden de natuurlijke afbraakremming door zuren wordt opgeheven. Het gevolg hiervan is dat het organische materiaal, dat door de jaren heen geaccumuleerd is, versneld wordt afgebroken. De beschikbaarheid van nutriënten in de bodem en de waterlaag neemt hierdoor toe (Roelofs et al., 1991).
2. Door de verhoogde consumptie van zuurstof ten gevolge van gestimuleerde afbraakprocessen, wordt de toplaag van de bodem anaëroob (zuurstofloos). Hierdoor kan ammonium niet meer omgezet worden tot nitraat (via nitrificatie) en kunnen geen stikstofverliezen meer optreden door de omzetting van nitraat tot stikstofgas (denitrificatie). Het gevolg is dat ammonium ophoopt in de bodem en de waterlaag (Smolders e.a. 2003).
3. Onder zuurstofloze condities gaan nitraat, ijzer, sulfaat en kooldioxide dienen als electron acceptor in de afbraak van organisch materiaal in de bodem. Omdat gebiedsvreemd Maas- en Rijnwater rijk zijn aan sulfaat, treedt een verhoogde afbraak op van organisch materiaal. Tijdens sulfaatreductie wordt toxisch sulfide (rotte eieren lucht) gevormd dat in eerste instantie bindt aan vrij ijzer in de bodem onder de vorming van ijzer-sulfide (o.a. pyriet). Indien het vrije ijzer in de bodem hierdoor opraakt, reduceert het sulfide het ijzer dat afkomstig is van ijzer-fosfaten. Het gevolg hiervan is dat fosfaat in de bodem wordt gemobiliseerd en naar de waterlaag kan diffunderen. Daarnaast hoopt het sulfide op in de bodem dat toxisch is voor planten en dieren (Van der Welle, 2006).
4. Door het inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd water en/of lokaal met nitraat en sulfaat verrijkt grondwater, treedt het gebiedseigen grondwater in mindere mate (of niet meer) uit. Hierdoor wordt er minder ijzer en calcium aangevoerd via het grondwater, dat in staat is om fosfaat vast te leggen in de bodem. Daarnaast treden door het opstuwen van oppervlaktewater stagnerende condities op waardoor de redox potentiaal in de bodem verder daalt en nutriënten ophopen in de waterlaag. De processen genoemd onder nr 3. treden hierdoor nog meer op de voorgrond (Lucassen e.a., 2004; 2005^c)

De waterlaag van het systeem waarin gebiedsvreemd water wordt ingelaten, wordt dus verrijkt met fosfaat zonder dat er fosfaat van buiten het systeem wordt aangevoerd (dit heet interne eutrofiëring). Bij inlaat van gebiedsvreemd water is het defosfateren van het inlaatwater daarom nooit toereikend om het water voedselarm te houden (Roelofs et al., 1991).

Dat opstuwen van sulfaatrijk oppervlaktewater en/of lokaal met nitraat en sulfaat verrijkt grondwater leidt tot interne eutrofiëring en verruiging van natte natuur is onder andere wetenschappelijk aangetoond in kalkrijke mesotrofe Elzenbroekbossen langs de Maas (Lucassen e.a. 2002^b; Lucassen & Roelofs, 2005). Na permanent hoog opstuwen van het grondwater trad binnen één jaar eutrofiëring

en verruiging op. Door de tegendruk van de opgestuwde waterkolom trad er geen gebiedseigen grondwater meer uit in het kwelgebied, met het gevolg dat doelsoorten als Dotterbloem (*Caltha palustris*) en Holpijp (*Equisetum fluviatile*) verdwenen terwijl massale dominantie van ongewenste soorten als Liesgras (*Glyceria maxima*), Mannagrass (*Glyceria fluitans*) en Klein kroos (*Lemna minor*) optrad (figuur 11). Vernatting waarbij een meer natuurlijk waterregime gerespecteerd werd, resulteerde wel in een gewenste uitbreiding van de vegetatie. Door het stuwpeil tot beneden de stijghoogte van het grondwater in te stellen, blijft invloed van ijzerrijk grondwater namelijk verzekerd. Door achtereenvolgens het tijdelijk droogvallen van bodems in de zomer te respecteren, oxideren ijzer-sulfiden in de bodem. Het sulfaat verlaat het systeem indien het waterpeil weer stijgt terwijl het ijzer in de bodem achterblijft en weer in staat is fosfaat te binden (Lucassen & Roelofs, 2005).

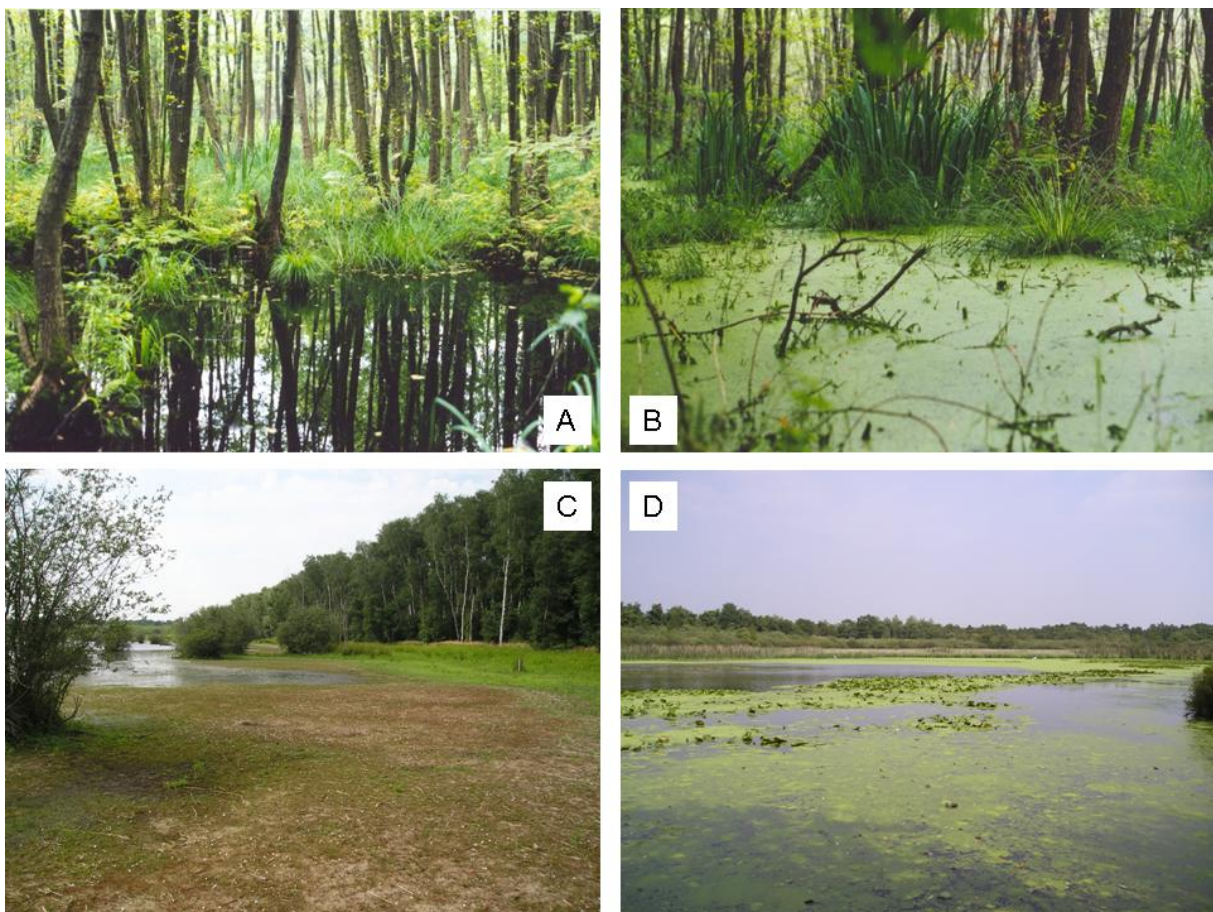


Figuur 10. Het fosfaatmobiliserend effect van sulfaat in natte ecosystemen.

Ook zwakgebufferde voedselarme wateren worden negatief beïnvloed door inlaat en opstuwten van gebiedsvreemd water en/of lokaal met nitraat en sulfaat verrijkt grondwater (Brouwer e.a. 1999). Dit blijkt bijvoorbeeld uit de ontwikkeling van twee Limburgse Peelvennen (het Sarsven en de Banen in Nederweert) die vroeger een identieke vegetatie herbergde behorend tot het Littorelletea. In de Banen wordt sinds 1990 geen gebiedsvreemd water meer aangevoerd en wordt een natuurlijk waterregime gerespecteerd waarbij in de zomer brede glooiende oevers droogvallen en planten massaal tot bloei komen. Hier heeft het Littorelletea,

waaronder Drijvende waterweegbree, zich sterk uitgebreid. In het Sarsven wordt gebiedsvreemd Maaswater ingelaten en opgestuwd. Dit heeft geleid tot het verdwijnen van het Littorelletea. Jaarlijks treedt in de zomer massale ontwikkeling van Klein kroos (*Lemna minor*) op, resulterend in zuurstofloosheid van de waterlaag en vissterfte (figuur 11).

Uit verschillende wetenschappelijke studies komt naar voren dat de het inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd water de directe oorzaak is voor de achteruitgang van laagveen wateren in Nederland. Deze zijn harder en vaak ook veel voedselrijker geworden. Het algemene effect hiervan is dat diverse zeldzame vegetaties kenmerkend voor relatief voedselarme en zwakgebufferde milieus vervangen zijn door soortenarmere algemenere vegetaties kenmerkend voor harder en voedselrijker water (Roelofs et al., 1991, Roelofs & Smolders, 1993; Smolders & Roelofs, 1995; Smolders & Roelofs 1996; Brouwer e.a. 1999; Lamers e.a. 2006^a; Lamers e.a. 2006^b; Smolders e.a. 2006^a).



Figuur 11. Permanent hoog opstuwen van sulfaatrijk grondwater leidt tot eutrofiëring in Elzenbroekbossen (A+B) (fotos: Dries Boxman); Inlaten en langdurig hoog opstuwen van sulfaatrijk gebiedsvreemd water leidt tot eutrofiëring van vennen (C&D) (fotos E. Lucassen).

5. DRIJVENDE WATERWEEGBREE IN NOORD-BRABANT

5.1 Verspreiding in ruimte

In Zuid-Oost Nederland en aangrenzende delen van België en Duitsland zijn tal van breuken aanwezig in de ondergrond. Tussen de breuken in zijn sommige delen van de bodem ten opzichte van hun omgeving gestegen (de horsten: het Kempisch Hoog, de Peelhorst en de Horst van Krefeld) terwijl andere delen juist gedaald zijn (de slenken: de Roerdal-slenk en de Venlo-slenk). Door deze verschillen in hoogteligging treedt grondwater uit vanuit de horsten. Drijvende waterweegbree komt vaak voor in beken en vennen die met dit grondwater gevoed worden. In de Peelregio komt of kwam de soort voor in de Heukelomse Beek (Bergen, nabij het Heuloërbroek) en in het Peelkanaal. In West-Brabant concentreert de soort zich in de Kleine Beek ten zuiden van Zundert en in het dal van de Bijloop. In het oostelijk deel van Noord-Brabant heeft de soort een groot deel van zijn verspreidingsgebied in de Groote Beerze, de Kleine Beerze, de Beerze, de Run en de Reusel.

Het oorsprongsgebied van kalkarme bovenlopen van de Kleine Beerze, de Reusel en de Run ligt geologisch gezien op het Kempisch Hoog. Hier liggen dicht onder het maaiveld grofzandige tot grindrijke afzettingen van de Formatie van Sterksel. Tevens komen mariene glauconiethoudende en pyriethoudende afzettingen behorend tot de Formatie van Diest (Breda) voor. Deze kalkarme en ijzerrijke afzettingen fungeren als watervoerend pakket waarmee bovenlopen van bovengenoemde beken worden gevoed (Stuurman & Pakes, 1991). Op locaties waar zich breuken in de ondergrond bevinden, ondervindt het grondwater veel weerstand, waardoor plaatselijk opstuwing van grondwater plaatsvindt. De locale weerstand kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door leem- en kleilaagjes die ter hoogte van de breuk door tektonische bewegingen in verticale positie zijn terecht gekomen. Een andere mogelijkheid is dat de bodem op de grofzandige en grindrijke horsten relatief minder weerstand biedt dan de fijnere zandbodem die aanwezig is in de slenken. Deze locaties zijn door het sterk uittreden van grondwater relatief zeer ijzerrijk. Door het verschil in weerstand treedt ter hoogte van de breuken vaak een sterk grondwaterverval op. Bovenlopen gaan hier over in zwak tot matige gebufferde middenlopen van laaglandbeken (Groote Beerze, Kleine Beerze benedenstrooms van Vessem en Reusel vanaf Lage Mierde). Onderzoek van Van den Munckhof (2000) laat zien dat het voorkomen van Drijvende waterweegbree en de ligging van breuklijnen sterk aan elkaar gerelateerd zijn. De soort komt vooral voor in bovenlopen van de beken en op locaties met breuklijnen omdat hier ijzerrijk grondwater sterk uittreedt. De grondwaterinvloed neemt stroomafwaarts van de breuklijnen sterk af, waardoor de bodems benedenstrooms ijzerarmer zijn en Drijvende waterweegbree sneller door eutrofiëring vanuit de omringende landbouw zal verdwijnen.

5.2 Verspreiding in tijd

In Tabel 3 en Figuur 12 staan gegevens over het voorkomen van Drijvende waterweegbree in Noord-Brabant (inclusief het Limburgse deel van de peelregio) in de periode voor en na 1990. De data zijn gebaseerd op de volgende bronnen:

1. Atlas van de Noordbrabantse flora (Cools, 1989).
2. Atlas van de flora van Eindhoven (Spronk, J., J. Bruinsma & F. Lambert, 2005).
3. Dataset Provincie Noord-Brabant.
4. Dataset Aquaflor 1980 (Bloemendaal & Roelofs, 1988; herbemonsterd 2006).
5. Dataset P.J.J. van den Munckhof.
6. Dataset Bekenwerkgroep Nederland (BWN).

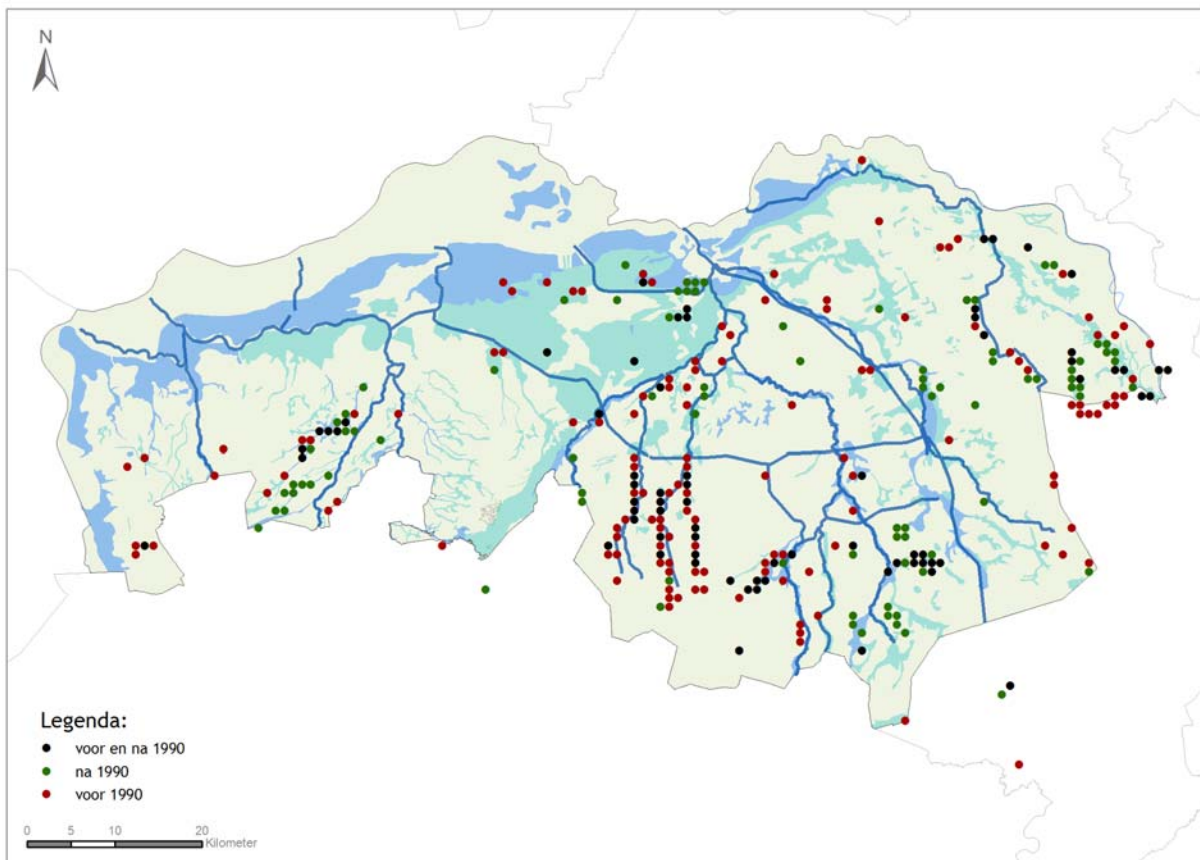
Uit Tabel 3 blijkt dat Drijvende waterweegbree in de periode voor 1990 in 205 kilometerhokken gesignaleerd is. In 135 van deze kilometerhokken is de soort na 1990 niet meer geobserveerd. Het oorspronkelijke verspreidingsgebied van de soort is dus met 66 % afgenomen. Deze achteruitgang komt overeen met het landelijke beeld van 75 %. Een schatting gemaakt op landelijk niveau heeft uitgewezen dat de soort rond 1930 in ongeveer 859 kilometerhokken voorkwam, terwijl dat in 1999 nog slechts 219 kilometerhokken betrof (bron: website floron).

Sinds 1990 zijn echter ook 87 nieuwe kilometerhokken bekend als vindplaats van Drijvende waterweegbree. Deze nieuwe vindplaatsen zijn deels vennen waar herstelmaatregelen zijn uitgevoerd zoals het van Esschenven en het Witven in Oisterwijk, het Beuven in Someren en één van de Broekse wielen in Grave. Door een toename van het aantal inventarisaties is het echter aannemelijk dat het overgrote deel van de nieuwe vindplaatsen nieuw ontdekte sites zijn waar de soort altijd al aanwezig is geweest. Dit is mede een gevolg van een verhoogde belangstelling voor de soort sinds deze is opgenomen als soort van de habitatrichtlijn. Hierdoor lijkt de netto achteruitgang sinds 1990 slechts beperkt tot 23 %. Het ligt echter in de lijn der verwachting dat de achteruitgang van Drijvende waterweegbree veel hoger is geweest.

Tabel 3. Verspreiding van Drijvende waterweegbree vóór en na 1990 op kilometerhokbasis.

AANTAL HOKKEN	
AANWEZIG VOOR 1990	205
VERDWENEN	135
GEHANDHAAFD	70
NIEUW NA 1990	87
AANWEZIG NA 1990	157

De achteruitgang van de soort is goed zichtbaar aan de verspreiding in beken en rivieren. Uit figuur 12 blijkt duidelijk dat de Drijvende waterweegbree zich na 1990 voornamelijk nog in bovenlopen van beken bevindt. In midden- en benedenlopen was de soort voornamelijk in de periode voor 1990 nog aanwezig. Een verklaring voor dit patroon is dat bovenstrooms de invloed van grondwater sterker is dan benedenstrooms. Hierdoor wordt er minder snel gedurende een lange periode tot boven het peil van het grondwater opgestuwd. Er treden minder snel langdurig stagnante condities op waardoor invloed van grondwater enigszins aanwezig blijft. Hierdoor treedt er in bovenlopen minder snel eutrofiëring met fosfaat op. Deze waarnemingen komen overeen met theorieën van Van den Munckhof (2000) zoals beschreven in paragraaf 5.1.



Figuur 12. Verspreiding van Drijvende waterweegbree in Noord-Brabant (en de Peelregio in Limburg) voor en na 1990. Lichtblauwe en donkerblauwe achtergrond staan voor ondiepe en diepe kwel.

5.3 Oorzaken voor achteruitgang in Noord-Brabant

5.3.1 Veldonderzoek

Ten einde de oorzaken van de achteruitgang van Drijvende waterweegbree in Noord-Brabant te kunnen achterhalen, is in de periode juli-augustus 2006 een aanvullend veldonderzoek verricht in de Kempen en de Peelregio (inclusief de Limburgse Peelregio). Alle locaties uit het verspreidingsonderzoek van Bloemendaal & Roelofs (1988) zijn herbemonsterd in deze regio's. In een deel van deze locaties heeft de soort zich weten te handhaven (1 t/m 13) terwijl deze op de andere locaties verdwenen is (10 en 14 t/m 21). Het betreft de volgende gebieden (zie ook Figuur 13):

1. Broekse Wielen-opgeschoond wiel (Grave)
2. Driehoeksven-Plas aan de Hapse weg (Haps)
3. Heukelomse Beek/Heuloërbeek (Bergen)
4. Staalbergven (Oisterwijk)
5. Van Esschenven (Oisterwijk)
6. Beuven (Someren)
7. Schoorkuilen (Nederweert)
8. De Banen (Nederweert)
9. Recreatieplas Ter Spegelt (Eersel)
10. Broekse Wielen-niet opgeschoond wiel (Grave)
11. Munven-Ven bij Schaijk (Schaijk)
12. Beerze (Bladel)
13. Reusel (Baarschot)
14. Peelkanaal-Defensiekanaal (Rips)
15. Klaverblad A73 (Haps)
16. Graafsedijk (Haps)
17. Afwateringskanaal zinkverwerkingsfabriek (Budel Dorplein)
18. Leemputten (Udenhout)
19. Groote Beerze ter hoogte van Winkelsven (Oisterwijk)
20. Peelrijt (Someren)
21. Vlijmens Wiel (Nieuwkuijk)

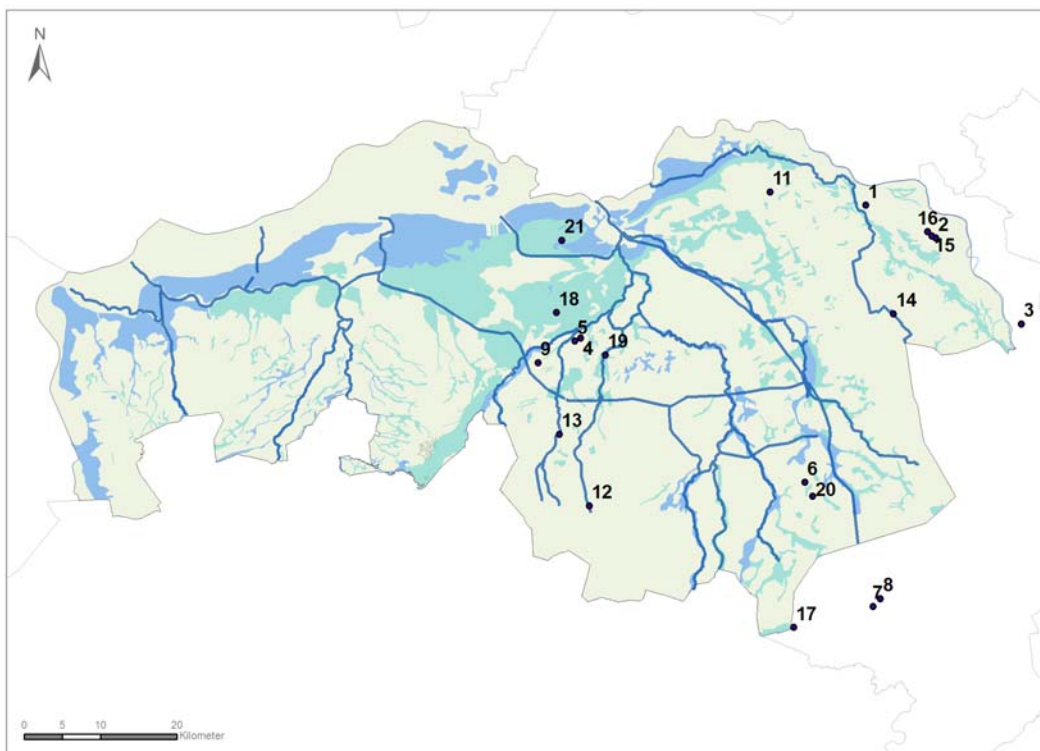
In deze gebieden zijn op exact dezelfde locaties als in 1980 de volgende monsters genomen en parameters bepaald:

1. Bodemvocht en oppervlaktewater (in drievoud) ter bepaling van de pH en vrije beschikbaarheid aan nutriënten en andere elementen. Het bodemvocht is hierbij anaëroob verzameld gebruik makend van ceramische cups die verbonden werden aan vacuüm 50 mL spuiten.
2. Bodemonsters (in drievoud) ter bepaling van:
 - a) De hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat m.b.v. een Olsen-P extractie
 - b) De hoeveelheid plant beschikbaar stikstof m.b.v. een NaCl extractie
 - c) Het organische stofgehalte
 - d) De totale hoeveelheid aan elementen m.b.v. een bodemdestructie
 - e) Het effect van kunstmatige droogval ter bepaling van de hoeveelheid gereduceerd zwavel in de bodem en de potentie tot verzuring en metaalmobilisatie onder invloed van pyrietoxidatie (zie figuur 9).

3. Plantmateriaal ter vergelijking van de concentratie aan elementen (o.a. ijzer).

Naast dit onderzoek is een aanvullend onderzoek verricht in de Kleine Beek. In een gradiënt vanaf het kwelgebied “de Matjens” tot aan Zundert is de kwaliteit van het oppervlaktewater bepaald.

Van de monsters zijn de pH en de alkaliniteit bepaald. De alkaliniteit is bepaald m.b.v. een titratie met 0,01 M HCl oplossing tot pH 4,2. De concentraties CO_2 en HCO_3^- zijn bepaald met behulp van een Infrarood Koolstof Analyser van Oceanography International. De concentraties aan PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , K^+ en Cl^- werden door middel van kleurreacties bepaald, gebruik makend van Technicon Autoanalysers. De concentraties aan de elementen Ca, Mg, S, Fe, P, Zn, Mn, Si en Al werd bepaald met behulp van een ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer).



Figuur 13. Ligging van de herbemonsterde locaties uit het verspreidingsonderzoek van Bloemendaal en Roelofs (1988) waar rond 1980 nog Drijvende waterweegbree aanwezig was. Nr. 1 en 10 overlappen. Deze locaties zijn herbemonsterd om de oorzaak van de achteruitgang van de soort te achterhalen.

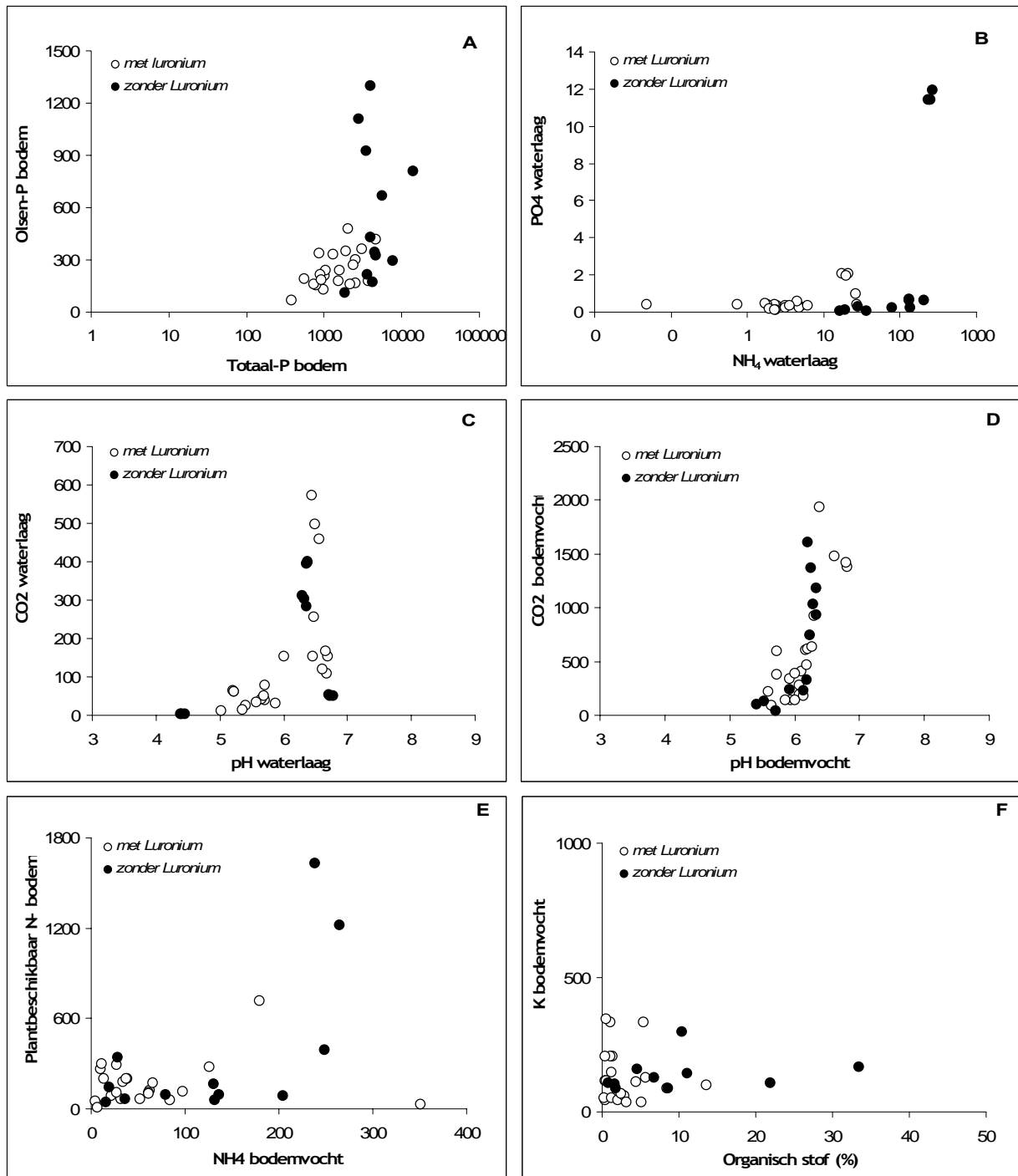
5.3.2 Vennen en Plassen

De resultaten van het veldonderzoek in de bemonsterde vennen en plassen staan vermeld in figuur 15. Hieruit blijkt dat de pH en de beschikbaarheid aan kooldioxide in het bodemvocht en de waterlaag geen invloed hebben gehad op het verdwijnen van Drijvende waterweegbree (figuur 15c-d). Een reden hiervoor is dat de depositie van verzurende stikstof- en sulfaatverbinding in de afgelopen jaren sterk is afgenomen waardoor er eigenlijk geen sprake meer is van zure regen. Wel is er een verschil zichtbaar in de totale hoeveelheid fosfor en plantbeschikbaar

fosfaat (Olsen-P) in de bodem alsmede de concentratie ammonium in de waterlaag (figuur 15a-b). Deze parameters zijn op locaties waar Drijvende waterweegbree verdwenen is vele malen hoger dan op locaties waar de soort zich heeft weten te handhaven. Het feit dat vooral eutrofiëring een belangrijke rol gespeeld heeft blijkt ook uit de vegetatiesamenstelling. Vennen en plassen waar Drijvende waterweegbree verdwenen is worden niet gedomineerd door Knolrus (indicator voor verzuring) maar door soorten kenmerkend voor voedselrijkere milieus waaronder Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Klein kroos (*Lemna minor*), Drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*) en Riet (*Phragmites australis*). Eutrofiëring wordt vaak veroorzaakt door omringende landbouwactiviteiten. Een deel van de stikstof afkomstig uit de meststoffen komt terecht in de atmosfeer en bereikt de gebieden via de droge en natte depositie. Een deel van de meststoffen (ammoniak emissie) spoelt uit en bereikt de gebieden via het grondwater. Soms zijn er in een gebied afwateringsgreppels aanwezig die als functie hebben overtollig landbouwwater in het voorjaar af te wateren op nabij gelegen vennen. Daarnaast treedt vaak guantrofiëring op (eutrofiëring van voedselarme natuur door uitwerpselen van vogels). Meeuwen, ganzen, aalscholvers en eenden horen van oorsprong niet in grote aantallen thuis in voedselarme natuurgebieden. Oorspronkelijk was er hier immers te weinig te halen voor deze vogels. Ondertussen is de situatie gewijzigd door het in cultuur brengen van ons landschap. Vogels houden zich nu in grote aantallen op in de “natte natuurparels” waar ze bivakkeren, broeden en veel nutriënten importeren in de vorm van uitwerpselen. Ze voeden zich in voedselrijke omgevingen op landbouwgronden en vroeger ook op vuilnisbelten. Op deze manier vindt er een transport van nutriënten plaats vanuit de omgeving naar natuurgebieden. Deze worden hierdoor steeds voedselrijker en interessanter als foerageergebied (Smolders e.a. 2006^b). Eenzelfde effect treedt op indien begrazing optreedt met koeien zoals Schotse Hooglanders. Deze dieren zijn niet gewend aan het relatief warme klimaat in Nederland met als gevolg dat ze in de zomer afkoeling zoeken in het water. Begrazing van venoevers kan daarom het beste plaatsvinden door paarden. Indien door eutrofiëring opslag van bomen plaatsvindt (o.a. wilgen) leidt bladproductie en bladinvall tot een hoge productie van gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal in de vennen en plassen. Dit laatste verschijnsel treedt bijvoorbeeld duidelijk op in de Leemputten (Udenhout), op enkele locaties in de Broekse Wielen (Grave) en in de Driehoeksplas (Haps) waar Drijvende waterweegbree bijna of geheel verdwenen is. In de Driehoeksplas komt de soort nog op één locatie voor onder zeer eutrofe condities. Deze locatie wordt gebruikt als aanlegsteiger. Op deze locatie groeien geen wilgen en heeft de bodem zijn zandige karakter behouden (figuur 14).



Figuur 14. Eutrofiëring van vennen door boomopslag en guanotrofiëring (A+B). Drijvende waterweegbree kan zich enkel handhaven indien voedselrijke locaties regelmatig verstoord worden waardoor de oever zijn zandige karakter behoudt (C+D) (Fotos E. Lucassen).



Figuur 15. Chemische parameters op locaties in Noord-Brabantse vennen en plassen waar Drijvende waterweegbree is verdwenen en waar de soort zich heeft weten te handhaven. De concentraties zijn gegeven in $\mu\text{mol/L}$.

5.3.3 Beken en rivieren

De resultaten van het onderzoek uitgevoerd in waterlopen staat vermeld in figuur 17. Hieruit blijkt dat op locaties waar Drijvende waterweegbree verdwenen is een ander watertype heerst dan op locaties waar Drijvende waterweegbree zich gehandhaafd heeft. Het oppervlaktewater bevat meer zouten (Na^+ en Cl^-) en is harder van karakter (hogere pH en concentraties HCO_3^- , Ca en Mg). Deze verschillen treden in de meeste gevallen ook op in het bodemvocht (figuur 17a-f). Daarnaast zijn de concentraties aan plantbeschikbaar fosfaat in de bodem (Olsen-P) en de concentraties aan ammonium en fosfaat in de waterlaag veel hoger op de locaties waar Drijvende waterweegbree verdwenen is (figuur 18g,i & j). Deze locaties worden daarom gedomineerd door plantensoorten kenmerkend voor voedselrijker en harder water waaronder Smalbladige waterpest (*Elodea nuttallii*), Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Klein Kroos (*Lemna minor*) en Gedoord hoornblad (*Ceratophyllum demersum*) (figuur 16). De verschillen in chemie worden veroorzaakt door:

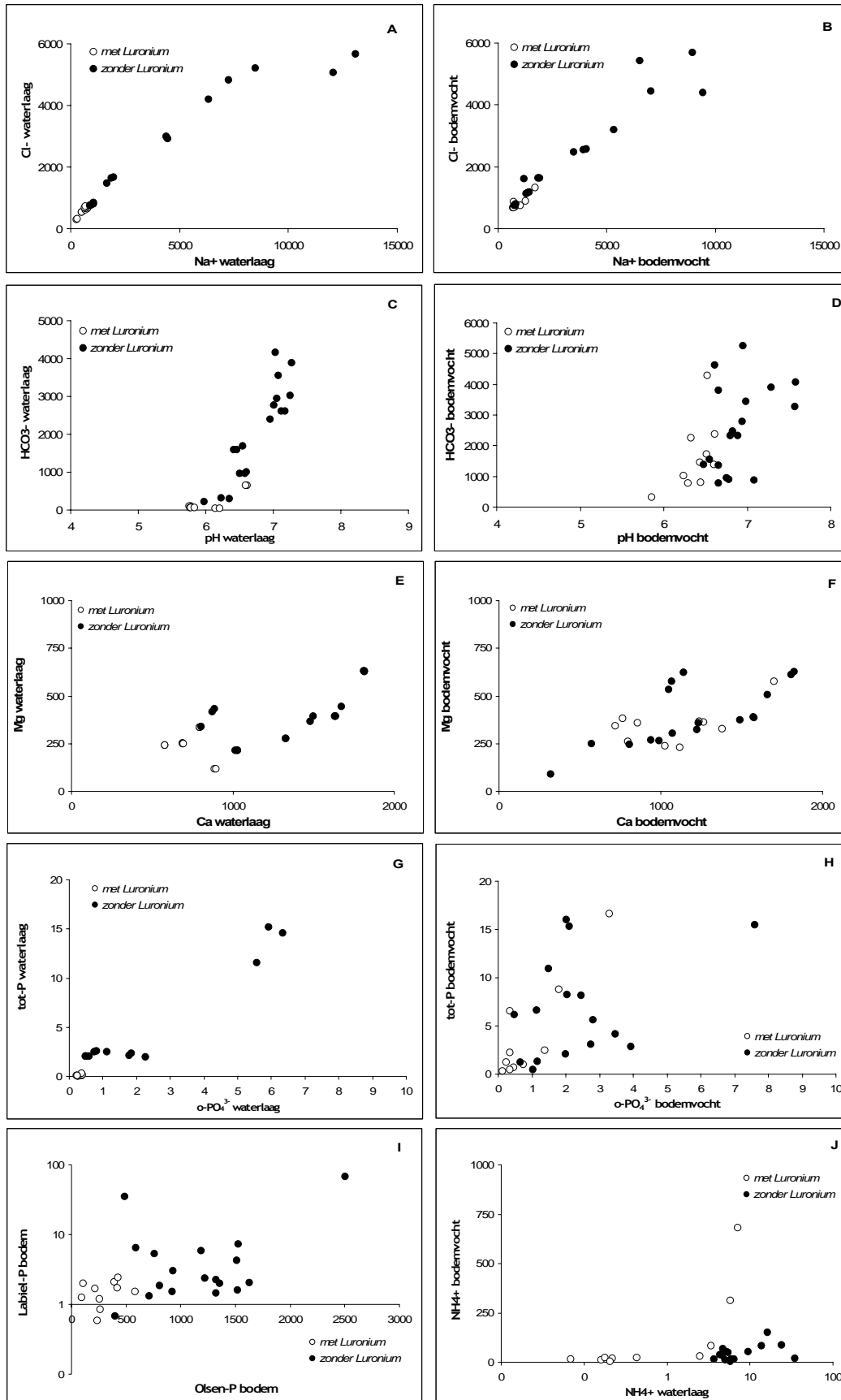
1. Inlaat van afvalwater afkomstig van waterzuiveringsinstallaties. Dit blijkt uit de chemische kwaliteit van de watergangen naast de Graafsedijk. Het oppervlaktewater in deze waterlopen bevat zeer hoge concentraties aan bicarbonaat. In waterzuiveringsinstallaties vinden microbiële reductieprocessen plaats waarbij water gezuiverd wordt. Tijdens reductieprocessen wordt bicarbonaat geproduceerd waardoor het water veel harder wordt. Hierdoor gaan soorten van hard water domineren ten koste van Drijvende waterweegbree.
2. Inlaat en opstuwen van hard gebiedsvreemd water en/of lokaal verontreinigd grondwater in combinatie met landbouwinvloed (kalk en meststoffen). Door de inlaat van gebiedsvreemd water en het opstuwen van oppervlaktewater treedt geen ijzerrijk grondwater meer uit waardoor eutrofiëring optreedt in bodem en waterlaag. Het gegeven dat ijzer een belangrijke rol speelt in het voorkomen van Drijvende waterweegbree via het immobiliseren van fosfaat wordt ondersteund door onderzoek uitgevoerd in de Kleine Beerze, de Run en de Reusel (Beekman e.a. 2005).

Het feit dat ijzerrijk grondwater een belangrijke rol speelt in het nog voorkomen van Drijvende waterweegbree in met name de bovenlopen van Brabantse beken, blijkt ook uit de extreem hoge ijzerwaarden aangetroffen in het plantmateriaal afkomstig uit Noord-Brabantse beken (figuur 18). Het is hierdoor goed mogelijk dat de soort, in tegenstelling tot andere plantensoorten, tolerant is voor extreem hoge toxische ijzerconcentraties. Dit zou mede een rol kunnen spelen bij het voorkomen van de soort onder voedselrijkere condities.

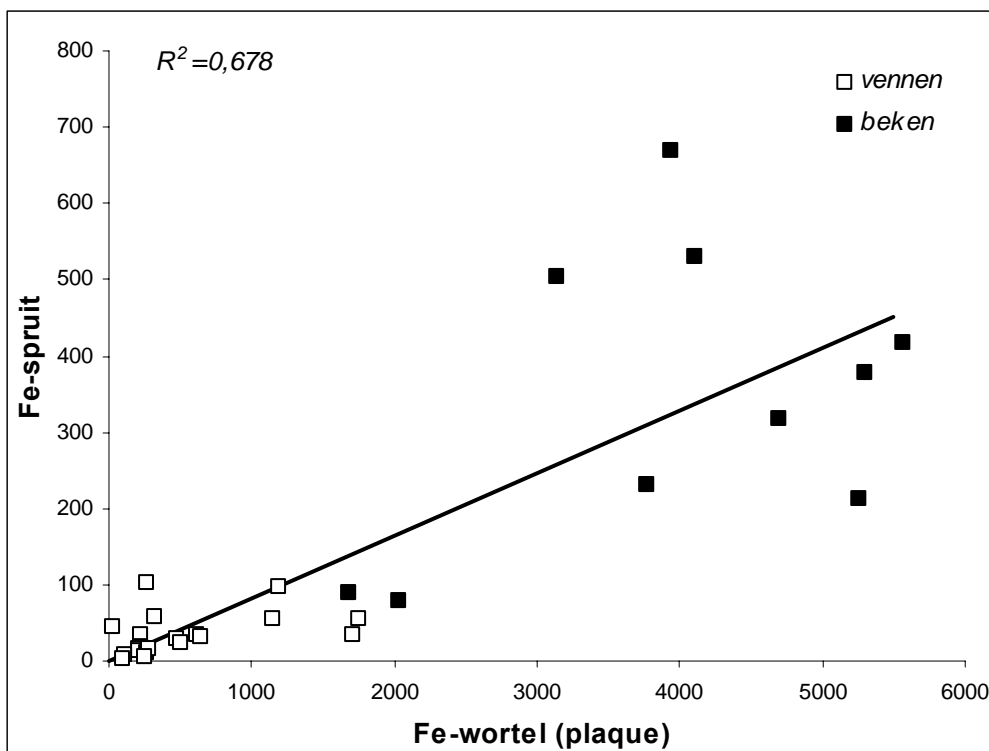


Figuur 16. Inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd water en/of lokaal verontreinigd grondwater (A) leidt tot eutrofiëring zoals in het Peelkanaal (B) en de Kleine Beek (C). Dit gaat ten koste van planten kenmerkend voor gebiedseigen voedselarm water zoals nog aanwezig in het kwelgebied “de Matjens” (D) (Fotos: E. Lucassen).

Het Stroomgebied van de Grootte Molenbeek in de Noordelijke Peelregio, werd vroeger gevoed door grondwater. In de hoger gelegen veengebieden infiltreerde regenwater dat na verloop van tijd als kwel uittrad in de lager gelegen beekdalen. Ten gunste van de landbouw werd een gedetailleerd ontwatering- en afwateringsstelsel aangelegd waardoor het regenwater versneld werd afgevoerd. Om te voorkomen dat in droge perioden watertekorten ontstaan is een verdeelwerk gebouwd waar voor de landbouw Maaswater wordt ingelaten en opgestuwd. Hierdoor is het waterpeil verhoogd en treden nagenoeg geen peilfluctuaties meer op (Verlinden & Visman, 2002). De inlaat van het Maaswater vindt o.a. plaats via het Peelkanaal-Defensiekanaal. De veldmetingen in dit gebied laten zien dat de veranderingen in waterkwaliteit (van zwak gebufferd sulfaatarm naar hard en sulfatrijk), in combinatie met de verminderde grondwaterinvloed, hebben geleid tot eutrofiëring van bodem en waterlaag met als gevolg dat Drijvende waterweegbree verdwenen is (figuur 16B).

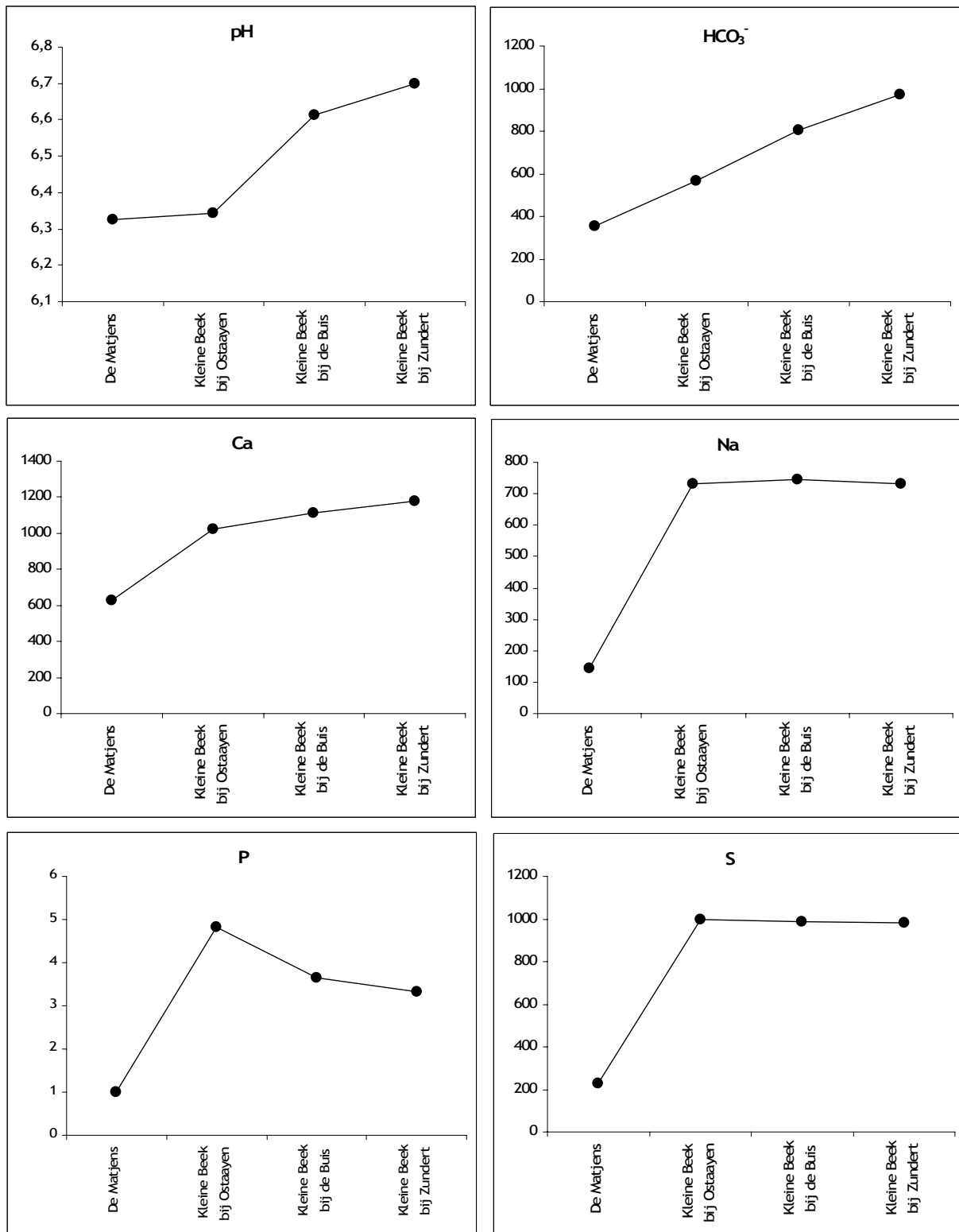


Figuur 17. Chemische parameters op locaties in beken en sloten waar Drijvende waterweegbree is verdwenen en waar deze zich heeft weten te handhaven. De concentraties zijn gegeven in $\mu\text{mol/L}$.



Figuur 18. Ijzerconcentratie in de spruit en de wortel (met plaque) van Drijvende waterweegbree in de bemonsterde vennen en waterlopen van Brabant (locaties zie paragraaf 5.3.1). Concentraties zijn gegeven in $\mu\text{mol}/\text{gram}$ drooggewicht.

In het Kleine Beekgebied en het Turfvaart-Bijloopgebied nabij Zundert komt plaatselijk nog Drijvende waterweegbree voor. Het Turfvaart-Bijloopgebied maakt deel uit van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Drijvende waterweegbree werd tijdens een veldbezoek in november 2006 echter niet meer aangetroffen in de Kleine Beek. Er mag voorondersteld worden dat de soort gedurende de afgelopen decennia ook hier sterk is achteruitgegaan door verdroging en inlaat van gebiedsvreemd water. Het water in zowel de Kleine Beek als de Turfvaart is hierdoor rijker geworden aan bicarbonaat. Het feit dat inlaat van gebiedsvreemd water en het opstuwen van grondwater inderdaad een groot effect hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater en Drijvende waterweegbree blijkt uit onderzoek uitgevoerd in de Kleine Beek in oktober 2006. De chemische samenstelling van het kwelwater uit de Matjens is vergeleken met oppervlaktewater in de Kleine Beek (verder stroomafwaarts). Hieruit blijkt dat het kwelwater in de Matjens veel armer is aan natrium, bicarbonaat, sulfaat en fosfaat dan het oppervlaktewater in de Kleine Beek (figuur 19). In de Matjens komen daarom volop rode lijst soorten voor kenmerkend voor zwak gebufferd voedselarm water waaronder Ondergedoken Moerassscherm (*Apium inundatum*), Vlottende bies (*Scirpus fluitans*) en Duizendknoop fonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*). De Kleine Beek wordt ter hoogte van dit gebied gedomineerd door soorten kenmerkend voor bicarbonaatrijk en voedselrijk water waaronder Gedoordd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), Smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en Watervorkje (*Riccia fluitans*) (figuur 16C-D).



Figuur 19. Chemie van het oppervlaktewater in het kwelgebied “de Matjens” en stroomafwaarts in de Kleine Beek waar gebiedsvreemd water wordt ingelaten. Concentraties zijn gegeven in $\mu\text{mol/L}$.

6. MAATREGELEN VOOR BEHOUD EN BEHEER

Het beschermen van de Drijvende waterweegbree kan geoptimaliseerd worden door alle natuurgebieden waar de soort voorkomt of voorkwam te behouden en te beschermen. Dit kan door de gebieden (alsnog) op te nemen in de Ecologische Hoofdstructuur of de Groene Hoofdstructuur uit het Streekplan 2002. De gebieden waar de soort verdwenen is, of sterk achteruitgegaan is, kunnen achtereenvolgens hersteld worden.

Tussen 1950 en 1980 speelde verzuring ten gevolge van atmosferische zwavel- en stikstofdepositie een belangrijke rol in de achteruitgang van Drijvende waterweegbree. Na 1990 hebben waterverharding en -vermesting ten gevolge van het inlaten van gebiedsvreemd water, het te hoog opstuwen van water in beken en uitspoeling van meststoffen en kalk uit de landbouw, een grote rol gespeeld. Maatregelen tot herstel van de milieucondities dienen daarom op laatstgenoemde oorzaken gericht te zijn. Indien weer aan de milieueisen (zwak gebufferd en voedselarm) kan worden voldaan, kan het succes achtereenvolgens verhoogd worden door zoveel mogelijk rekening te houden met voortplantingsstrategieën en aanwezigheid van metapopulaties (een populatie bestaande uit meerdere deelpopulaties die onderling genen uitwisselen). Dit alles wordt in de volgende paragrafen besproken. Uiteindelijk worden gebiedsgerichte acties gegeven.

6.1 Behoud van bestaande populaties

Voor het behoud van nog bestaande populaties is het van belang het verspreidingsgebied van de soort zo compleet mogelijk in beeld te krijgen en belangrijke gebieden zoveel mogelijk veilig te stellen (zie figuur 12). Indien nieuwe ingrepen in het landschap genomen worden dient vooraf geïnventariseerd te worden of er in of nabij het plangebied Drijvende waterweegbree voorkomt. Voor het optimaal behoud van nog bestaande populaties moeten allen in dit rapport beschreven bedreigingen van de Drijvende waterweegbree in acht genomen worden. Hierbij kan het beste door een op dit gebied ervaren deskundige beoordeeld worden wat de mogelijke effecten van te nemen ingrepen zullen zijn en of eventueel compenserende maatregelen wel toereikend genoeg zijn. Eerder vermelde negatieve ingrepen worden hier nog een keer opgesomd:

1. Droogleggen, dempen en verleggen van vennen, plassen en waterlopen.
2. Verlagen van de grondwaterstand en verminderen van kwelinvloed (uittredend grondwater) door drainerende activiteiten.
3. Eutrofiëring door bevordering van landbouwinvloeden.
4. Toepassen van averechtse vernattingmaatregelen ter compensatie van verdroging via het inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd water.
5. Toepassen van averechtse vernattingmaatregelen door het te hoog opstuwen van lokaal met sulfaat en/of nitraat verontreinigd grondwater.
6. Lozen van alkalisch afvalwater door waterzuiveringsinstallaties.
7. Niet meer onderhouden van sloten en beken in landbouwgebieden waar de landbouwfunctie verloren is gegaan.

6.2 Herstel van populaties

Zaden van Drijvende waterweegbree zijn meer dan 80 jaar kiemkrachtig. Door op locaties waar de soort voorheen voorkwam herstelmaatregelen uit te voeren, kan de soort zich herontwikkelen. Het is hierbij van belang aan de kritische eisen van de meest belangrijke milieuparameters te voldoen waaronder de concentratie kooldioxide in de waterlaag en de nutriëntenbeschikbaarheid in bodem en waterlaag. Dit blijkt uit tientallen succesvol uitgevoerde herstelprojecten in vennen en plassen.

In Tabel 4 is een indeling in categorieën gemaakt die gebaseerd is op het habitatype van Drijvende waterweegbree in combinatie met de oorzaken van de achteruitgang. In deze tabel zijn naast de voor dit rapport herbemonsterde gebieden ook zoveel mogelijk andere gebieden opgenomen waar Drijvende waterweegbree in de loop der tijd is achteruit gegaan of verdwenen (Provincie Noord-Brabant 1994; Grontmij, Aquasense en Alterra, 2005). Voor elke categorie worden achtereenvolgens maatregelen voor behoud en beheer gegeven.

Tabel 4. Indeling van locaties waar Drijvende waterweegbree verdwenen is of sterk achteruitgegaan is gebaseerd op het type ecosysteem en de oorzaak van achteruitgang.

Type ecosysteem	Reden achteruitgang	Veroorzaakt door	Locaties
A Vennen en Plassen	Accumulatie van ammonium Accumulatie van kooldioxide	Zure regen (N en S)	Ven bij Schaijk/Munven Groot Huisven Witven Van Eschenven Voorste Goorven
B Vennen en Plassen	Ammoniumaccumulatie Fosfaateutrofiëring	Boomopslag en bladval	Broekse Wielen Vlijmens Wiel Leemputten Udenhout
C Vennen en Plassen	Fosfaateutrofiëring Alkalinisering	Uitspoeling landbouw Inlaten en/of opstuwen gebiedsvreemd water Opstuwen lokaal met nitraat en/of sulfaat verontreinigd grondwater	Driehoekspas, Schoorkuilen, Broekse Wielen Sarsven
D Vennen, Plassen en Kwelsloten	Drooglegging	Waterwinning	Groote Meer Ossendrecht
E Beken, rivieren en sloten	Fosfaateutrofiëring Alkalinisering	Inlaat gebiedsvreemd water Opstuwen lokaal of gebiedsvreemd water Uitspoeling landbouw	Beerze Kleine Beerze Groote Beerze Reusel De Run De Bijloop Kleine Beek Peelrijt Peelkanaal (Defensiekanaal)
F Sloten in natuurgebieden	Ammoniumaccumulatie Fosfaateutrofiëring	Stop van het onderhoud door verlies van de landbouwfunctie	Kleine Vilt Klaverblad rijksweg A73 Haps Vlijmens ven
G Sloten, beken en rivieren	Alkalinisering	Lozing effluent zuiveringsinstallaties	Graafsedijk Beerze Afwatering zinkfabriek Budel Dorplein

6.2.1 Type A: Verzuurde Vennen en Plassen

Verzuring van vennen resulterend in verhoogde kooldioxide concentraties en accumulatie van ammonium in de waterlaag, heeft vooral rond de jaren 1980 geleid tot achteruitgang van zwak gebufferde wateren. Voorbeelden van vennen waar Drijvende waterweegbree hierdoor (tijdelijk) verdwenen of achteruitgegaan is, zijn Het Munven, het Witven, het van Esschenven en het Staalbergven. Data van de herbemonsterde locaties uit het verspreidingsonderzoek van Bloemendaal en Roelofs (1988) laten zien dat verzuring een steeds minder grote bedreiging vormt voor deze wateren.

Herstel van verzuurde wateren is een optie om de verspreiding van Drijvende waterweegbree in Noord-Brabant te vergroten. Hiertoe zal de met nutriënten verrijkte bodemlaag uitgebaggerd moeten worden tot een Olsen-P concentratie < 450 $\mu\text{mol/L}$ bodem. Daarbij zal vastgesteld moeten worden of er nog steeds aanvoer is van lokaal verzuurd grondwater. Hierbij moet rekening gehouden worden dat veel systemen van nature gevoed worden met zuur grondwater. Indien het grondwater verzuurd is kunnen bufferende maatregelen genomen. Deze maatregelen dienen ervoor te zorgen dat de pH van de waterlaag relatief hoog blijft waardoor kooldioxide concentraties in de waterlaag beneden de 100 $\mu\text{mol/L}$ blijven. Dit voorkomt de woekering van Knolrus en Veenmos. Directe bekalking van een ven is hierbij een slechte maatregel omdat het leidt tot een te hoge buffercapaciteit van de venbodem resulterend in interne mobilisatie van nutriënten (zie paragraaf 4.1). Succesvolle buffering kan doorgaans optreden door:

1. Herstel aanvoer gebufferd voedselarm oppervlaktewater of toevoer van gebufferd grondwater:

Soms is het mogelijk het lokale hydrologische systeem te herstellen indien weer aanvoer mogelijk is van gebufferd voedselarm oppervlaktewater. Als dit niet mogelijk is kan als noodmaatregel het tijdelijk inlaten van gebufferd grondwater toegepast worden. Deze maatregel is bijvoorbeeld succesvol gebleken in het Van Esschenven, het Staalbergven en het Witven (Oisterwijk) waar na het verwijderen van de sliblaag en de aanvoer van gebufferd grondwater weer gebufferde condities ontstaan zijn en Drijvende waterweegbree weer voorkomt of zich heeft uitgebreid.

2. Bekalking van het inzigtgebied:

Een voorwaarde voor het succes van deze maatregel is dat er een duidelijk lokale kwelstroom aanwezig is en dat deze van nature een gebufferd karakter heeft. Door het inzigtgebied van een ven vrij te stellen, op te schonen en te bekalken dringt kalk na regenval door tot in de bodem van de oever. Hierdoor wordt de buffercapaciteit van het lokale grondwater verhoogd met als gevolg dat de pH in het ven stijgt. Hierdoor wordt nitrificatie van ammonium gestimuleerd en neemt de concentratie kooldioxide af. Deze maatregel is in het verleden uiterst succesvol gebleken in de Schaepedobbe (Appelscha, Friesland) waar de maatregel in 1997 is toegepast en waar thans weer massaal Drijvende waterweegbree voorkomt. Ook in de Bieze (Nunspeet) heeft de maatregel een gunstig effect gehad op de vegetatie (Dorland e.a.2000; 2005).

In Noord-Brabant is deze maatregel reeds toegepast. Eind maart 2006 is de inzigtzone van de Lobeliabaai in het Beuven (Someren) bekalkt na het verwijderen



Figuur 20. Bekalking van het geplagde inzigtgebied van de Lobeliabaai in het Beuven maart 2006 (foto: E. Brouwer).

van de vegetatie (figuur 20). Ook in het Groot Huisven (Oisterwijk) gaat deze maatregel in de toekomst toegepast worden.

6.2.2 Type B: Vennen en Plassen geëutrofiëerd door boomopslag en bladinvall

Soms vindt eutrofiëring plaats zonder dat er een directe landbouwinvloed is en zonder dat er sprake is van verdroging of invloed van gebiedsvreemd water. In dit geval vindt eutrofiëring vaak plaats door boomopslag op de oevers. Boomopslag wordt vaak geïnitieerd door guanotrofiëring (eutrofiëring door vogels) en door atmosferische stikstofdepositie. Dit leidt tot een hoge productie van gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal. Eutrofiëring door boomopslag is bijvoorbeeld opgetreden in het Vlijmens Wiel en de Leemputten.

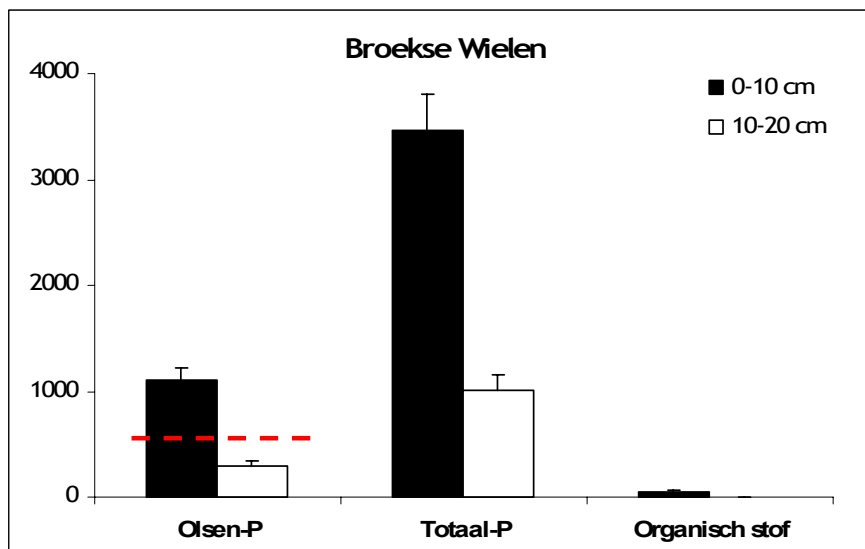
Deze wateren kunnen hersteld worden door de bomen en struiken op de oevers te verwijderen, het ven op te schonen zoals vermeld in paragraaf 6.2.3. en het gebied te laten begrazen door paarden. Paarden zoeken gedurende de warme zomerperioden, in tegenstelling tot bijvoorbeeld Schotse Hooglanders, geen verkoeling in het water waardoor dit niet verrijkt raakt met uitwerpselen. Deze categorie is kansrijk voor herstel van Drijvende waterweegbree omdat de hydrologie in principe intact is.

6.2.3 Type C: Vennen en Plassen gealkaliniseerd en geëutrofeerd door landbouwinvloed en/of het inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd water

Vennen en wateren gelegen in landbouwgebieden raken vaak geëutrofeerd door de toestroom van lokaal verontreinigd grondwater (fosfaat en nitraat) of door het direct afwateren van overtollig landbouwwater in de winter. Voorbeelden van vennen waar Drijvende waterweegbree door deze oorzaak verdwenen is, of sterk achteruitgegaan is, zijn de Driehoeksplas (Haps) en de Broekse Wielen (Grave).

Door de afwateringsloten te dempen en rondom het ven een bufferzone te creëren waarin geen landbouwactiviteiten meer plaatsvinden, wordt de externe aanvoer van voedingsstoffen opgeheven. Achtereenvolgens zal het ven moeten worden opgeschoond. Hiertoe zal de met voedingsstoffen verrijkte bodemlaag verwijderd dienen te worden zodat weer voedselarme condities in de bodem en de waterlaag ontstaan. Aan de hand van het in dit rapport uitgevoerde onderzoek blijkt dat Drijvende waterweegbree zich kan handhaven indien de Olsen-P concentratie in de bodem zich bevindt tussen 67-480 $\mu\text{mol/l}$ bodem (figuur 15). De toplaag van de bodem zal dus minstens tot deze waarden moeten worden afgegraven. Naast het opschonen van het ven zal de boomopslag rond de oever verwijderd dienen te worden en zal de oever onderhouden moeten worden zoals beschreven in paragraaf 6.2.2.

Enkele wielen in de Broekse Wielen zullen komende jaren worden opgeschoond. Metingen aan de bodem van één van de wielen waar Drijvende waterweegbree verdwenen is, laten zien dat door het verwijderen van de bovenste 10 cm van de bodem (met organisch materiaal) al voldaan wordt aan deze voorwaarde (figuur 21).



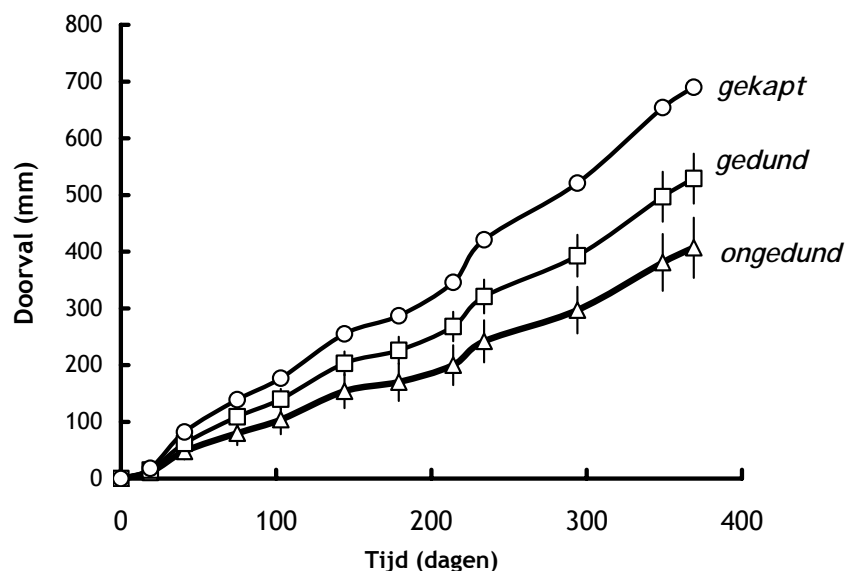
Figuur 21. Olsen-P metingen op 0-10 cm en 10-20 cm in één van de Broekse Wielen te Grave waar Drijvende waterweegbree verdwenen is. Concentraties zijn vermeld in $\mu\text{mol/l}$. De rode lijn geeft de streefwaarde zoals vastgesteld in het veldonderzoek.

In vennen waar gebiedsvreemd water wordt ingelaten is de grondwaterstand vaak te laag door drainageactiviteiten in de landbouw. Voorbeelden hiervan zijn het Sarsven in Nederweert en het Groote meer bij Ossendrecht. In de Banen zijn reeds

herstelmaatregelen uitgevoerd. Ten einde een ven te kunnen herstellen zullen er dus eerst maatregelen moeten worden getroffen om de invloed van gebiedseigen grondwater te verhogen zoals het dempen en/of omleiden van drainagesloten. Vaak is dit niet mogelijk in verband met landbouwfuncties en/of drinkwatervoorzieningen in het gebied. Indien de mogelijkheid bestaat het grondwaterpeil te verhogen kan de toevoerende beek met gebiedsvreemd water gedempt of ver om het gebied heengeleid worden. Het ven dient opgeschoond en onderhouden te worden zoals vermeld onder paragraaf 6.2.2. Vennen waar gebiedsvreemd hard water wordt ingelaten worden vaak gebruikt als visvijver. Na uitvoeren van herstelmaatregelen kan hiervan niet meer sprake zijn.

6.2.4 Type D: Verdroogde - drooggelegde van Vennen, Plassen en Kwelsloten

Grondwaterdalingen treden vaak op ten gevolge van waterwinningen ten behoeve van de landbouw en drinkwatervoorzieningen. Daarnaast wordt het grondwater vaak versneld afgevoerd door de aanleg van drainagesloten en beken. Een derde factor die negatieve invloed kan hebben op de grondwaterstand is de massale aanplant van dennenbos op zandgrond. Naalden van dennenbomen vangen gedurende het gehele jaar zeer efficiënt regenwater in. Hierdoor is de verdamping hoog. Onderzoek uitgevoerd in de Ravenvennen (Lomm) heeft uitgewezen dat door interceptie van dennenbos circa 57 % van het regenwater de bodem niet bereikt (figuur 22). Op ongedunde locaties wordt tevens een groot deel van het regenwater beter vastgehouden in het pakket organisch materiaal waarna het in droge periode weer verdampt. Anderzijds zal door het vochtigere microklimaat onder ongedunde condities, de verdamping op het bodemoppervlak lager zijn.



Figuur 22. Effecten van dennenbos aanplant op de doorval van regenwater (mm) zoals gemeten in de Ravenvennen (Lomm) in de periode 1997-1998.

Maatregelen die kunnen worden genomen om verdroging tegen te gaan zijn het verminderen van de grondwateronttrekking door bijvoorbeeld het verplaatsen van waterwingebieden naar locaties waar er minder schade aan de natuur wordt

aangericht en door zoveel mogelijk ontwateringsgreppels in het gebied te dempen. Daarnaast kan de grondwaterstand verder verhoogd worden door verdamping van regenwater te beperken via (gedeeltelijke) boskap en het verwijderen van de strooisellaag.

6.2.5 Type E: Beken en rivieren geëutrofeerd en gealkaliniseerd door inlaten en opstuwen van gebiedsvreemd water en/of grondwater ten behoeve van de landbouw

In veel beken, rivieren en sloten in Nederland wordt, ter compensatie van de verdroging, gebiedsvreemd water aangevoerd en opgestuwd. Daarnaast wordt vaak met sulfaat en nitraat verrijkt gebiedseigen grondwater lokaal opgestuwd. Op deze manier kan voorzien worden in de waterbehoefte voor de landbouw maar ook voor grondwaterafhankelijk natuur in het stroomgebied zoals broekbossen. Omdat de landbouw in Noord-Brabant een belangrijke functie vervult, is het afkoppelen van het gebiedsvreemde water, in combinatie met het stoppen van waterwinningen door de landbouw, geen optie om het leefmilieu van de Drijvende waterweegbree te verbeteren.

Het beste is de regionale kweldruk zoveel mogelijk te herstellen (zie § 6.2.4) en hiermede de oorspronkelijke hydrologie van de waterlopen. Indien dat niet haalbaar is, kan het uittreden van gebiedseigen zacht en ijzerrijk water geoptimaliseerd worden door het waterpeil over een langere lengte tot beneden de stijghoogte van het lokale grondwater op te stuwen. Hierdoor zal de druk van het uittredende gebiedseigen grondwater de tegendruk van het opgestuwde water overtreffen waardoor ijzerrijk grondwater blijft uittreden in de beek. Dit zal vooral in bovenlopen mogelijk en succesvol zijn. Indien de hydrologie verbeterd is, kunnen aanvullende maatregelen uitgevoerd worden zoals het aanleggen van bufferzones die niet meer bemest wordt. Dit heeft twee voordelen. Ten eerste zal de uitspoeling van fosfaat beperkt worden. Daarnaast zal de concentratie aan uittredend ijzer maximaal zijn. Nitraat afkomstig uit meststoffen is namelijk in staat het gereduceerd ijzer in een natte bodem te oxideren waarbij Fe(hydr)oxiden (roest) gevormd wordt. Hierdoor blijft het ijzer achter in de bodem en treedt dus niet uit in de beek. Indien er geen nitraat meer uitspoelt, vindt oxidatie van gereduceerd ijzer pas plaats in de beek onder invloed van zuurstof in de waterlaag. Het ijzer is dan in staat fosfaat te binden in de beek. Door de toevoer van ijzerrijk grondwater, in combinatie met de verminderde inspoeling van fosfaat, zal de concentratie plant beschikbaar fosfaat in de bodem van de beek afnemen waardoor Drijvende waterweegbree minder concurrentie zal ondervinden van andere plantensoorten.

Het respecteren van tijdelijke droogval in de zomer zou een belangrijk mechanisme kunnen zijn om de beschikbaarheid van fosfaat (en ammonium) verder te verlagen. Doordat tijdens verdroging zuurstof in de bodem treedt, worden ijzer-sulfides geoxideerd tot ijzer(hydr)oxiden en sulfaat. Indien het waterpeil weer toeneemt wordt het sulfaat afgevoerd via de waterlaag, terwijl de ijzer(hydr)oxiden achterblijven in de bodem en weer tijdelijk in staat zijn fosfaat te binden (Lucassen, 2005^d).

Door deze maatregelen zal de kwaliteit van beekbegeleidende natuurgebieden, waaronder broekbossen, niet afnemen omdat bekend is dat het hanteren van een permanent hoog stagnerende waterpeil in deze gebieden ook leidt tot eutrofiëring.

6.2.6 Type F: Kwelsloten zonder onderhoud

Drijvende waterweegbree komt vaak voor in kwelsloten (drainagesloten) gelegen in landbouwgebieden. Indien de landbouwfunctie in het gebied te vervallen komt worden deze sloten door hun functieverlies vaak niet meer onderhouden. Het gevolg is dat de sloten langzaam dichtgroeien en de invloed van kwelwater afneemt met als gevolg dat Drijvende waterweegbree verdwijnt. Dit is bijvoorbeeld het geval in de Kleine Vilt in Beugen. Door de sloten op te schonen en minstens één maal in de vijf jaar te baggeren zullen deze niet dichtgroeien en blijft grondwater uittreden waardoor voedselarme condities gewaarborgd blijven. Deze categorie is, net als categorie B, zeer kansrijk voor herstel van Drijvende waterweegbree omdat de hydrologie in principe intact is.

6.2.7 Type G: Sloten, beken en rivieren die gealkaliniseerd zijn door lozingen van waterzuiveringinstallaties

Het afvalwater dat waterzuiveringinstallaties lozen in beken is zeer hard omdat microbiële reductieprocessen gebruikt worden om het water te zuiveren. Hierbij wordt bicarbonaat (HCO_3^-) geproduceerd. Door het lozen van afvalwater in kwelsloten wordt het oppervlaktewater harder en treedt tevens geen gebiedseigen zacht en ijzerhoudend grondwater meer uit. De sloten worden daardoor meer alkalisch en voedselrijker waardoor Drijvende waterweegbree achteruitgaat of verdwijnt. Dit is het geval langs de Graafsedijk waar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Land van Cuijk water inlaat.

De oorspronkelijke kwelsloten kunnen hersteld worden door het afvalwater te lozen in een sloot die om het gebied heen geleid wordt en dit pas verder stroomafwaarts weer in de waterloop in te laten. Hierbij moet rekening gehouden worden dat de om te leiden sloot zo komt te liggen dat deze niet drainerend werkt op de kwelsloot. Het uitvoeren van deze maatregel is haalbaar in de watergangen aan de Graafsedijk waar al een sloot langs de beek aanwezig is waarin het afvalwater kan worden omgeleid.

6.3 Rekening houdend met soortspecifieke strategieën

Indien bij herstelmaatregelen rekening is gehouden met de kwaliteit van het grondwater, bodem en oppervlaktewater kan het succes verder verhoogd worden door specifieke voortplantingsstrategieën van de Drijvende waterweegbree in acht te nemen. Deze strategieën spelen vooral in waterlopen een rol waar de soort zich gemakkelijk via de watergangen kan uitbreiden en genen kan uitwisselen met andere deelpopulaties. Hierbij moet benadrukt worden dat het rekening houden met deze strategieën alleen zinvol is indien reeds aan milieueisen van de soort is voldaan (relatief voedselarm en zwak gebufferd). Kenmerken die van belang kunnen zijn bij het uitvoeren van aanvullende beheersmaatregelen zijn (zie ook hoofdstuk 2):

1. Generatieve voortplanting bij lage waterpeilen

Drijvende waterweegbree plant zich in ondiep water generatief voort via bloem- en zaadproductie. Het is zelfs zo dat de soort massaal tot bloei komt

indien de onderwaterbodem tijdelijk droog valt. Dit blijkt o.a. uit waarnemingen in de Heukelomse Beek (Heuloërbroek in Bergen) door Van den Munckhof (2004).

Dit kenmerk houdt in dat het respecteren van een natuurlijk waterpeil met tijdelijk droogval in de zomer niet alleen gunstig uitpakt op de beschikbaarheid van fosfaat en stikstof, maar ook op de verspreiding van de soort. Door brede glooiende oevers aan te leggen in te restaureren plassen, vennen en bovenstroomse waterlopen, wordt de bloemvorming en de verspreiding optimaal gestimuleerd.

2. Scheuten die afbreken kunnen gemakkelijk via het water vervoerd worden en zich vestigen op locaties waar de waterlaag ondieper is dan 4 cm. Scheuten wortelen en vestigen zich vooral in het najaar (oktober) en in mindere mate in het voorjaar (Nielsen e.a. 2006).

Dit kenmerk is alleen van belang voor populaties met weinig zaadvorming zoals het geval is in de Brabantse beken waar de soort maar weinig tot bloei komt. Dit kenmerk houdt in dat maaien en/of schonen van bovenlopen in het najaar een belangrijk mechanisme kan zijn om de verspreiding van Drijvende waterweegbree te stimuleren. Het succes van deze maatregel zal afhangen van het al dan niet aanwezig zijn van ondiepe locaties in midden- en benedenlopen die bepalend zijn voor het vestigingssucces. In het kader van hermeandering van beken kunnen brede glooiende oevers aangelegd worden.

3. Goede kolonisatie van open plekken

Drijvende waterweegbree kan zich snel in de ruimte uitbreiden door de productie van uitlopers met nieuwe rozetten. Omdat de soort winterhard is kunnen hierdoor optimaal open plekken bezet worden. Dit geldt natuurlijk enkel indien de bodem niet te voedselrijk is, omdat anders al in een zeer vroeg stadium overwoekering door andere plantensoorten zal optreden.

Dit kenmerk houdt in dat middenlopen en benedenlopen, naast een lager waterpeil voor de vestiging, ook een voedselarme bodem moeten hebben (Olsen-P 67-480 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Hierdoor is het van belang dat middenlopen en benedenlopen, indien te voedselrijk, regelmatig gebaggerd worden. Een flink deel van de met fosfaat verrijkte bodemlaag zal verwijderd moeten worden in het geval hermeandering van beken plaatsvindt ter hoogte van voormalige landbouwgronden (Olsen-P 67-480 $\mu\text{mol/l}$ bodem).

6.4 Gebiedsgerichte acties

In deze paragraaf worden de gebieden waar Drijvende waterweegbree voorkomt of voorkwam alfabetisch opgesomd met daarbij een gerichte aanpak tot herstel van populaties Drijvende waterweegbree (gebaseerd op de bevindingen van de vorige hoofdstukken):

6.4.1 Munven-Ven bij Schaijk (gemeente Oss)

- Uitbaggeren van het ven ten einde voedselarme condities te verkrijgen.
- Verwijderen van het bos tot 30 meter van de hoogwaterlijn.
- Plaggen van de voormalige bosbodem waarbij een glooiende oever gevormd wordt.
- Onderzoeken of het nodig is aanvullend “catchment-liming” toe te passen door het monitoren van de waterkwaliteit (o.a. pH en CO₂ concentraties) direct na uitvoeren van bovenstaande maatregelen.
- Het aanvullend monitoren van de waterkwaliteit en vegetatieontwikkeling.

6.4.2 Groot Huisven (Oisterwijk)

Door het Deskundigenteam Zwakgebufferde Wateren is in 2006 al geadviseerd:

- Uitbaggeren van het ven ten einde voedselarme condities te verkrijgen.
- Verwijderen van het bos tot 30 meter van de hoogwaterlijn.
- Plaggen van de voormalige bosbodem waarbij een glooiende oever gevormd wordt.
- Onderzoeken of het nodig is aanvullende “catchment-liming” toe te passen door het volgen van de ontwikkeling van de pH en CO₂ concentraties direct na uitvoeren van bovenstaande maatregelen.
- Het aanvullend monitoren van de waterkwaliteit en vegetatieontwikkeling.

6.4.3 Witven, Van Esschenven en Voorste Goorven (Oisterwijk)

Deze aan elkaar grenzende vennen zijn in 1994 gebaggerd en sindsdien is jaarlijks grondwater ingelaten. Dit gebeurt nu nog maar zelden door de afname van de zure depositie. De waterkwaliteit ontwikkelt zich goed en Drijvende waterweegbree komt in toenemende mate voor in het van Esschenven. Wat het succes van de soort nog kan verhogen is:

- Het verwijderen van de bomen op de afgekalfde oevers en weer een glooiende oever maken.

6.4.4 Broekse Wielen (Grave)

- Uitbaggeren van het ven ten einde voedselarme condities te verkrijgen.
- Verwijderen van het bos tot 30 meter van de hoogwaterlijn.
- Begrazing middels paarden handhaven.

6.4.5 Vlijmens Wiel (Nieuwkuijk)

- Uitbaggeren van het ven op de niet zandige locaties ten einde voedselarme condities te verkrijgen (hier was vroeger Drijvende waterweegbree aanwezig).
- Verwijderen van bomen op de oever.

6.4.6 Vlijmens Ven (Drunen-Vlijmen)

Het doel is de transitie van het landbouwgebied naar natte natuur, bestaande uit soortenrijke kwel sloten met nat schraal grasland en dotterbloemhooilanden:

- Stoppen met bemesten.
- Onderzoeken hoe diep het fosfaatfront is doorgedrongen in de landbouwbodem (Olsen P < 300 $\mu\text{mol/kg}$ droge bodem).
- Verwijderen van de met fosfaat verrijkte bodemlaag.
- Baggeren van de sloten eens per vijf jaar
- Vernatten door minder water af te voeren. Het stuwpeil hierbij tot beneden het grondwaterpeil houden om doorstroming te garanderen.

6.4.7 Leemputten (Udenhout)

- Uitbaggeren van het ven op de niet zandige locaties ten einde voedselarme condities te verkrijgen (hier was vroeger Drijvende waterweegbree aanwezig).
- Verwijderen van bomen op de oever.
- Voorkomen dat vis wordt uitgezet en de leemputten als visvijver in gebruik worden genomen.

6.4.8 Driehoeksplas (Haps)

Voor een gedetailleerd advies is vooronderzoek nodig. Enkele belangrijke maatregelen zijn:

- Uitbaggeren van het ven ten einde voedselarme condities te verkrijgen.
- Verwijderen van het gehele aangrenzende sparrenbos dat een verdrogend effect heeft.
- Verwijderen van het bos tot 30 meter van de hoogwaterlijn.
- Dempnen van de huidige ontwateringsloten in het gebied die landbouwwater afwateren op de plas. De sloten kunnen omgeleid worden naar de spoorloot.
- Op aangrenzende maisakkers stoppen met bemesting en de fosfaatverrijkte bodemlaag afvoeren (Olsen P < 300 $\mu\text{mol/kg}$ droge bodem).
- Het aanleggen van een bufferstrook aan de noordwest oever.
- Voorkomen dat vis in de plas wordt uitgezet en dat deze als visvijver gebruikt wordt.

6.4.9 Grote Meer bij Ossendrecht (Ossendrecht)

- Stoppen drinkwaterwinning in de directe omgeving.
- Geen aanvoer van eutroof ontginningswater ter compensatie van de verdroging.
- Dunnen van de naaldbossen in de directe omgeving ter compensatie van de verdroging.

6.4.10 Kleine Beerze en zijsloten

- Midden- en benedenloop lager opstuwen tot beneden de stijghoogte van het

grondwater.

- Aanleggen van bufferstroken van 20 m breed waar niet gemest wordt ter verbetering van de waterkwaliteit.
- Aan de beekzijde van deze bufferstroken over een zone van 10 m de fosfaatverzadigde bouwvoor verwijderen (Olsen P < 300 µmol/kg droge bodem).
- Jaarlijks één keer maaien rond september.
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.
- Op overstromingsvlakten, plaatsen waar waterberging plaatsvindt en in retentiebekkens de met fosfaat verrijkte bodemlaag verwijderen.

6.4.11 De Grote Beerze en zijsloten

- Midden- en benedenloop lager opstuwen tot beneden de stijghoogte van het grondwater.
- Aanleggen van bufferstroken van 20 m breed waar niet gemest wordt.
- Aan de beekzijde van deze bufferstroken over een zone van 10 m de fosfaatverzadigde bouwvoor verwijderen (Olsen P < 300 µmol/kg droge bodem).
- Jaarlijks één keer maaien rond september.
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.
- Op overstromingsvlakten, plaatsen waar waterberging plaatsvindt en in retentiebekkens de met fosfaat verrijkte bodemlaag verwijderen.

6.4.12 De Beerze en zijsloten

- Stoppen met het lozen van afvalwater.
- Midden- en benedenloop lager opstuwen tot beneden de stijghoogte van het grondwater.
- Aanleggen van bufferstroken van 20 m breed waar niet gemest wordt.
- Aan de beekzijde van deze bufferstroken over een zone van 10 m de fosfaatverzadigde bouwvoor verwijderen (Olsen P < 300 µmol/kg droge bodem).
- Jaarlijks één keer maaien rond september.
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.
- Op overstromingsvlakten, plaatsen waar waterberging plaatsvindt en in retentiebekkens de met fosfaat verrijkte bodemlaag verwijderen.

6.4.13 De Reusel en zijsloten

- Midden- en benedenloop lager opstuwen tot beneden de stijghoogte van het grondwater.
- Aanleggen van bufferstroken van 20 m breed waar niet gemest wordt.
- Aan de beekzijde van deze bufferstroken over een zone van 10 m de fosfaatverzadigde bouwvoor verwijderen (Olsen P < 300 µmol/kg droge bodem).
- Jaarlijks één keer maaien rond september.
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.

- Op overstromingsvlakten, plaatsen waar waterberging plaatsvindt en in retentiebekkens de met fosfaat verrijkte bodemlaag verwijderen.

6.4.14 Gebied rond de Kleine Beek (Zundert), Turfvaart en Bijloop

- Stoppen inlaat gebiedsvreemd water.
- Midden- en benedenloop van de beken lager opstuwen tot beneden de stijghoogte van het grondwater.
- Aanleggen van bufferstroken van 20 m breed waar niet gemest wordt.
- Aan de beekzijde over een zone van 10 m de fosfaatverzadigde bouwvoor verwijderen (Olsen P < 300 µmol/kg droge bodem).
- Jaarlijks één keer maaien rond september.
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.
- Op overstromingsvlakten, plaatsen waar waterberging plaatsvindt en in retentiebekkens de met fosfaat verrijkte bodemlaag verwijderen.

6.4.15 Defensiekanaal-Peelkanaal en zijsloten (Rips)

- Stoppen inlaat van Maaswater.
- Midden- en benedenloop lager opstuwen tot beneden de stijghoogte van het grondwater.
- Aanleggen van bufferstroken van 20 m breed waar niet gemest wordt.
- Aan de beekzijde over een zone van 10 m de fosfaatverzadigde bouwvoor verwijderen (Olsen P < 300 µmol/kg droge bodem).
- Jaarlijks één keer maaien rond september.
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.
- Op overstromingsvlakten, plaatsen waar waterberging plaatsvindt, en in retentiebekkens, de met fosfaat verrijkte bodemlaag verwijderen.

6.4.16 De kleine Vilt (Boxmeer)

Het voormalig onderbemaalde slotencomplex grenzend aan de kleine Vilt herstellen:

- De gedempte sloten weer openen
- Op de aangrenzende graslanden de met fosfaat verrijkte bodemlaag verwijderen.
- Het gebied vernatten door het water op te stuwen tot beneden de stijghoogte van het grondwater.
- De sloten jaarlijks maaien
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.

6.4.17 Klaverblad A74 (Haps)

- De sloten jaarlijks maaien
- Eenmaal in de vijf jaar baggeren.

6.4.18 Graafsedijk (Haps)

- Het effluent van de waterzuiveringsinstallatie niet via de kwelsloot afvoeren maar omleiden (circa 200 m).
- Jaarlijks maaien
- Een maal in de vijf jaar baggeren.

6.4.19 Afwateringskanaal bij de zinkfabriek in Budel (Budel)

- Niet van toepassing

7. LITERATUUR

Adema, E.B., Van Gernerden, H. & A.P. Grootjans (2003) Is succession in wet calcareous dunes affected by free sulphide? *Journal of Vegetation Science* 14: 153-162.

Anonymous (1997) Waterverdeelplan Turfvaart-Weerij. Uitwerking Raamplan.

Arts, G.H.P., Van der Velde, G., Roelofs, J.G.M. & C.A.M. Van Swaay (1990) Successional changes in soft-water macrophyte vegetation of (sub) Atlantic, sandy, lowland regions during this century. *Freshwater Biology* 24: 287-294.

Baar, J., Smolders, A.J.P., Lucassen, E.C.H.E.T., Paradi, I., Hudson-Edwards, K.A., Redecker, D. & J.G.M. Roelofs. Molecular analysis of AMF diversity in aquatic macrophytes in oligotrophic and ultra-oligotrophic lakes in Norway and the Netherlands (submitted).

Barrat-Segretain, M.-H. & G. Bornette (2000) Regeneration and colonization abilities of aquatic plant fragments: effect of disturbance seasonality. *Hydrobiologia* 421: 31-40.

Bazydło, E. (2004) Effect of environmental conditions on the population of *Luronium natans* (L.) Raf. *Polish Journal Ecology* 52: 181-189.

Beekman, W., Brouwer, E. & R. Buskens (2005) Relatie ammoniak en Drijvende waterweegbree in habitat richtlijngebied De Kempen.

Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (red.) (1988) Waterplanten en Waterkwaliteit. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.

Brouwer, E., J. Soontjens, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs (1999) Sulphate and bicarbonate as key factors in sediment degradation and restoration of Lake Banen. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 9: 121-132.

Casper, S.J. & H.D. Krausch (1980) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pteridophyta und Anthophyta, vol 23. Gustav Fisher Verlag Stuttgart.

Christensen, K.K. & C. Wigand (1998) Formation of root plaques and their influence on tissue phosphorus content in *Lobelia dortmanna*. *Aquatic Botany* 61: 111-121.

Cook, C.D.K. (1983) Aquatic plants endemic to Europe and the Mediterranean. *Botanischer Jahrbücher für Systematik* 103: 539-582.

Cools, J.M.A., 1989. Atlas van de Noordbrabantse Flora. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.

Dorland, E., Bobbink, R., Brouwer, E., Peters, C.J.H., Van der Ven, P.J.M., Vergeer, Ph., Verheggen, G.M. & J.G.M. Roelofs (2000) Herintroductie en bekalking van het inziggebied. Aanvulling bij effectgerichte maatregelen tegen eutrofiëring en verzuring in heischrale milieus. Eindrapport in opdracht van IKC Natuurbeheer, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Dorland, E., Van den Berg, L.J.L., Brouwer, E., Roelofs, J.G.M. & R. Bobbink (2005) Catchment liming to restore degraded, acidified heathlands and moorland pools. *Restoration Ecology* 13: 302-311.

Frits, Ö. (1989) A find of *Luronium natans* in the province of Halland, SW Sweden. *Zweeds Botanisch Tijdschrift* 83: 135-136.

Greulich, S. & G. Bornette (1999) Competitive abilities and related strategies in four aquatic plant species from an intermediately disturbed habitat. *Freshwater Biology* 41: 493-506.

Greulich, S., Bornette, G., Amoros, C. & J.G.M. Roelofs (2000^a) Investigation of the fundamental niche of a rare species: an experiment on establishment of *Luronium natans*. *Aquatic Botany* 66: 209-224.

Greulich, S., Bornette, G. & C. Amoros (2000^b) Persistence of a rare aquatic species along gradients of disturbance and sediment richness. *Journal of Vegetation Science* 11: 415-424.

Greulich, S. & G. Bornette (2003) Being evergreen in an aquatic habitat with attenuated seasonal contrasts- a major competitive advantage? *Plant Ecology* 167: 9-18.

Grift, B. van der, Rozemeijer, J., Van Vliet, M. & H. Broers (2004) De kwaliteit van het grondwater in de provincie Noord-Brabant. Rapportage over de toestand van 2003 en trends in de periode 1992 t/m 2003. TNO rapport in Opdracht van de Provincie Noord-Brabant.

Grontmij, Aquasense & Alterra (2005) Huidige toestand en vervolgaanpak Brabantse vennen.

Halvorsen, R. & T. Grøstad (2002) The Kinn Peninsula in Larvik, Vestfold county (SE Norway) and a new find of *Luronium natans* (L.) Rafin. (in Noors) *Blyttia* 60: 117-121.

Hanspach, D & H.-D. Krausch (1987) Zur Verbreitung und Ökologie von *Luronium natans* (L.) Raf. in der DDR. *Limnologica* 18: 167-175.

Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée (2004) Soorten van de habitatrictlijn. Europese natuur in Nederland. KNNV uitgeverij. ISBN 90 5011 191 2.

Kay, Q.O.N., John, R.F. & R.A. Jones (1999) Biology, genetic variation and conservation of *Luronium natans* (L.) Raf. In Britain and Ireland. *Watsonia* 22: 301-315.

Lamers, L.P.M., Loeb, R., Antheunisse, A.M., Miletto, M., Lucassen, E.C.H.E.T., Boxman, A.W., Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs (2006) Biogeochemical constraints on the ecological rehabilitation of river floodplains. *Hydrobiologia* 565: 165-186.

Lamers L, Geurts, J., Bontes, B., Sarneel, J., Pijnappel, H., Boonstra, H., Schouwenaars, J., Klinge, M., Verhoeven, J., Ibbelings, B., Van Donk, E., Verberk, W., Kuijper, B., Esselink., H. & J. Roelofs (2006) Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren.

Lansdown, R.V. & P.M. Wade (2003) Ecology of the Floating Water-plantain, *Luronium natans*. *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No 9* English Nature Peterborough.

Lucassen, E.C.H.E.T., Bobbink, R., Oonk, M.M.A., Brandrud, T.E. & J.G.M. Roelofs (1999) The effects of liming and reacidification on the growth of *Juncus bulbosus*: A mesocosm experiment. *Aquatic Botany* 64: 95-103.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs (2002^a) Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120: 635-646.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs (2002^b) Anti-verdrogingsmaatregelen en vegetatieherstel in Elzenbroekbossen: het belang van een natuurlijk waterregime. *Natuurhistorisch Maandblad* 91: 635-646.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Van de Crommenacker, J. & J.G.M. Roelofs (2004a) Effects of stagnating sulphate-rich groundwater on the mobility of phosphate in freshwater wetlands: a field experiment. *Archiv für Hydrobiologie* 160: 117-131.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Graafland, J., Kuiperij & J.G.M. Roelofs (2005^a) Een uitvoeringsplan voor herstel van het Sarsven: toegepast hydrogeochemisch onderzoek. B-WARE rapport nr 2005.06 in opdracht van Stichting het Limburgs Landschap, 40 pp.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Graafland, J., Kuiperij & J.G.M. Roelofs (2005^b) Restauratiemogelijkheden voor de Roeventerpeel: een inrichtingsplan gebaseerd op hydrogeochemisch onderzoek. B-WARE rapport nr 2005.08 in opdracht van Stichting het Limburgs Landschap, 32 pp.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M. & J.G.M. Roelofs (2005^c) Water table fluctuations and groundwater supply are important in preventing

phosphate eutrophication in sulphate-rich fens: consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* 269: 109-115.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs (2005^d) Effects of temporary desiccation on the mobility of phosphorus and metals in sulphur-rich fens: differential responses of sediments and consequences for water table management. *Wetlands Ecology and Management* 13: 135-148.

Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs (2005). Vernatten met beleid: Lessen uit het recente verleden. Speciale uitgave herstel natte natuur in Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad* 94: 211-215.

Madsen, T.V., Olesen, B. & J. Bagger (2002) Carbon acquisition and carbon dynamics by aquatic isoetids. *Aquatic Botany* 73: 351-371.

Middelboe, A.L. & S. Markager (1997) Depth limits and minimum light requirements of freshwater macrophytes. *Freshwater Biology* 37: 553-568.

Munckhof, van den P.J.J. (2000) Glauconiethoudende afzettingen in de Peelregio. Een ijzersterke basis voor behoud en ontwikkeling van voedselarme natte milieus! *Natuurhistorisch Maandblad* 89: 43-52.

Munckhof, van den P.J..J. (2004) *Struinbroek 2004* (ongepubliceerd) nr 527 5-7-2004.

Nielsen, U.N., Riis, T & H. Brix (2006) The importance of vegetative and sexual dispersal of *Luronium natans*. *Aquatic Botany* 84: 165-170.

Paffen, B.G.P. & Roelofs. J.G.M. (1991) Impact of carbon dioxide and ammonium on the growth of submerged *Sphagnum cuspidatum*. *Aquatic Botany* 40: 61-71.

Provincie Noord-Brabant (1994) Rapport Inventarisatie Noord-Brabantse vennen 1994.

Raven, J.A., Handley, L.L., MacFarlane, J.J., McInroy, J.J., McKenzie, S., Richards, J.H. & G. Samuelsson (1988) The role of CO₂ uptake by roots and CAM in acquisition of inorganic C by plants of the isoetid life-form: a review, with new data on *Eriocaulon decangulare* L. *New Phytol.* 108: 124-148.

Roelofs, J.G.M. (1983) Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. I. Field observations. *Aquatic Botany* 17: 139-155.

Roelofs, J.G.M., Schuurkes, J.A.A.R. & A.J.M. Smits (1984) Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities on soft water. Part II Experimental studies. *Aquatic Botany* 18: 389-411.

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

Roelofs, J.G.M. & A.J.P. Smolders (1993) Major changes in aquatic peaty lowland ecosystems as a result of the inlet of river Rhine water. *De Levende Natuur* 94: 78-82 (In Dutch with English summary).

Roelofs, J.G.M., Brandrud, T.E., & A.J.P. Smolders (1994) Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. *Aquatic Botany* 48: 187-202.

Roelofs, J.G.M., Smolders, A.J.P., Brandrud, T.E. & R. Bobbink (1995) The effects of acidification, liming and reacidification on macrophyte development, water quality and sediment characteristics of soft water lakes. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 967-972.

Roelofs, J.G.M. (1996) Restoration of shallow softwaters based upon carbon and phosphorus limitation.

Roelofs, J.G.M. (2002) Softwater macrophytes and ecosystems: why are they so vulnerable to environmental changes ? *Aquatic Botany* 73: 285-286.

Sand-Jensen, K. & M. Søndergaard (1979) Growth and production of isoetids in oligotrophic lake Kalgaard, Denmark. *Verh. Int. Ver. Theo. Angew. Limnol.* 20: 659-666.

Sand-Jensen, K., Borum, J. & T. Binzer (2005) Oxygen stress and reduced growth of *Lobelia dortmanna* in sandy lakes subject to organic enrichment. *Freshwater Biology* 50: 1034-1048.

Schaminée, J.H.J., Weeda, E.J. & V. Westhoff (1995) *De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantgemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden.* Opulus Press Uppsala, Leiden, 115 pp.

Schuurkes, J.A.A.R. (1987) Acidification of surface water by atmospheric deposition, with emphasis on chemical processes and effects on vegetation. PhD thesis. University of Nijmegen.

Shaw, P.J.A. (2003) *Multivariate Statistics for the Environmental Sciences.* Oxford University Press.

Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs (1995) Internal eutrophication, iron limitation and sulphide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie* 133: 349-365.

Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs (1996) Possible causes for the decline of the

Water Soldier (*Stratiotes aloides*) in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie* 136: 327-243.

Smolders, A., Lucassen, E. & J. Roelofs. Waterpeilregulatie: een bron van aanhoudende zorg (2003) *H2O* 24: 17-19.

Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs (2006a) Internal eutrophication: "How does it work?" and "what to do?", a review. *Chemistry & Ecology* 22: 93-111.

Smolders, A., Lucassen, E., Tomassen, H., Lamers, L. & J. Roelofs (2006b) De fosfaatproblematiek: biogeochemische interacties en consequenties voor natuurbeheer en natuurontwikkeling in Nederland. *Vakblad natuurbeheer* April: 5-11.

Spronk, J., J. Bruinsma & F. Lambert, (2005) Atlas van de flora van Eindhoven. Ontwikkeling van de flora in de regio in de twintigste eeuw. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, afdeling Eindhoven, Eindhoven.

Stuurman, R. & U. Pakes (1991) Hydrologische Systeemanalyse Noord- en Midden Limburg. Toepassing bij onderzoek naar de bepaling van kansrijkdom van kwelgebieden. Dienst grondwaterverkenning T.N.O.

Svedäng, M.U. (1990) The growth dynamics of *Juncus bulbosus* L.-a strategy to avoid competition? *Aquatic Botany* 37: 123-138.

Svedäng, M.U. (1992) Carbon dioxide as a factor regulating growth dynamics of *Juncus bulbosus* L. *Aquatic Botany* 42: 231-240.

Szańkowski, M & S. Klosowski (2001) Habitat conditions of the phytocoenoses dominated by *Luronium natans* (L.) Rafin in Poland. *Hydrobiologia* 455: 213-222.

Szmeja, J. & B. Clement (1990) Comparison de la structure et du déterminisme des Littorelletea uniflorae en Poméranie (Pologne) et en Bretagne (France). *Phytocoenologia* 19 : 123-148.

Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M. & D.A. Webb (eds) (1980) *Flora Europaea*. 5. Alismataceae to Orchidaceae. Cambridge University Press, Cambridge.

Van Katwijk, M.M. & J.G.M. Roelofs (1988) Vegetaties van waterplanten in relatie tot het milieu. Katholieke Universiteit Nijmegen, Laboratorium van aquatische Oecologie in opdracht van de Landinrichtingsdienst Ministerie van Landbouw en Visserij.

Verlinden, A. & P. Visman (2002) Eindrapportage Stroomgebiedsvisie Groote

Molenbeek.

Welle, M.E.W. van der, Cuppens, M.L.C., Lamers, L.P.M. & J.G.M. Roelofs (2006) Detoxifying toxicants: interactions between sulphide and iron toxicity. *Environmental Toxicology & Chemistry* 25 : 1592-1597.

Westhoff, V. & A.J. Held den (1969) *Plantengemeenschappen in Nederland*. Thieme, Zutphen: 324 pp.

Wilby, N.J. & J.W. Eaton (1993) The distribution, ecology and conservation of *Luronium natans* (L.) Raf. in Britain. *Journal of Aquatic Plant Management* 31: 70-76.

8. BIJLAGE

8.1 Veldonderzoek: chemische data

Primaire chemische data verspreidingsonderzoek

Waterkwaliteit gemeten gradiënt in “de Matjens-Kleine Beek”

Bijlage 8.1.1 Chemische analyses oppervlaktewater veldonderzoek. Concentraties in µmol/liter.

nr	Locatie	pH	Alkaliteit	CO ₂	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
1	Broekse Wielen opgeschoond	6,683	571	108	215	2	2	0,4	44	441	421	2,2	359,3	0,8	52,9	117,3	0,7	0,1	232,7	0,1	0,1
1	Broekse Wielen opgeschoond	6,61	582	121	204	2	1	0,4	45	425	396	2,9	368,3	1,9	52,7	117,2	0,7	0,1	234,5	0,1	0,1
1	Broekse Wielen opgeschoond	6,474	742	256	317	17	3	0,3	72	532	507	2,3	407,0	2,6	88,5	137,1	0,8	0,1	213,6	0,1	0,2
2	Driehoekspas	6,565	2187	457	697	3	17	2,0	308	703	672	2,2	461,3	3,7	326,9	316,0	0,6	2,1	202,9	2,7	0,2
2	Driehoekspas	6,435	1587	572	647	3	21	2,0	312	719	666	1,8	463,0	3,6	323,8	317,4	0,6	2,2	202,2	3,5	0,2
2	Driehoekspas	6,494	1596	498	645	6	20	2,0	312	717	665	1,9	460,3	3,5	323,3	316,3	0,6	2,2	203,1	2,9	0,2
3	Heukelomsebeek 1	5,783	432	413	104	476	6	0,4	262	513	526	4,2	578,3	19,6	273,4	242,1	11,2	0,1	513,7	97,7	1,1
3	Heukelomsebeek 1	5,757	470	401	95	48	7	0,3	256	504	525	4,1	578,3	19,7	268,5	241,4	10,3	0,0	526,8	97,6	1,1
3	Heukelomsebeek 1	6,145	759	57	33	6	2	0,4	21	312	296	3,2	888,8	5,0	29,2	116,5	0,3	0,1	896,0	55,6	0,1
3	Heukelomsebeek 2	6,204	455	51	34	44	3	0,4	21	312	319	3,1	897,5	4,3	27,7	116,1	0,3	0,1	898,1	55,6	0,1
4	Staalbergen	5,708	390	39	8	2	2	0,4	22	449	342	2,5	110,7	2,4	32,8	48,6	0,1	0,0	133,7	0,1	0,3
4	Staalbergen	5,654	242	42	8	3	2	0,4	22	402	337	1,9	106,7	2,3	28,8	47,8	0,1	0,1	129,9	0,1	0,3
4	Staalbergen	5,689	379	49	10	2	2	0,4	22	387	332	2,6	106,2	2,3	33,6	47,9	0,1	0,1	131,6	0,1	0,3
5	Van Esschenven	5,201	142	63	4	3	5	0,4	28	454	385	6,5	119,0	2,1	36,7	74,7	0,7	0,0	172,8	0,1	0,7
5	Van Esschenven	5,223	156	60	4	3	5	0,3	28	471	393	6,3	119,1	1,9	41,4	74,4	0,7	0,0	173,5	0,1	0,7
5	Van Esschenven	5,219	128	60	4	3	5	0,3	28	471	393	6,3	119,1	1,9	41,4	74,4	0,7	0,0	173,5	0,1	0,7
6	Beuven	5,403	167	25	3	2	2	0,2	45	246	276	2,1	75,2	0,9	43,2	39,7	0,4	0,1	65,5	0,1	0,7
6	Beuven	5,353	116	13	1	0,72	2	0,1	37	244	273	1,7	74,3	0,8	42,4	38,9	0,3	0,0	64,6	0,1	0,7
6	Beuven	5,015	115	11	0	2	2	0,1	35	234	274	2,7	81,7	0,9	40,3	39,1	0,3	0,1	64,6	0,1	1,1
7	Schoorkuilen	6,696	438	153	315	5	6	0,3	240	543	620	1112,0	432,5	1,7	240	205,5	0,0	2,3	501,0	39,0	1,7
7	Schoorkuilen	6,652	513	167	311	1	0	0,4	211	610	554	2,4	302,7	1,3	211	162,9	0,1	0,3	284,2	7,6	0,5
7	Schoorkuilen	6,452	379	154	181	51	27	1,0	181	529	599	4,9	200,7	3,3	181	108,0	0,1	1,9	343,4	15,7	0,1
8	de Banen	5,71	233	78	16,5	2	3	0,3	210	649	965	5,28	162,8	0,61	.	121,1	0,25	1,21	127,6	2,26	0,51
8	de Banen	5,581	112	34	5,3	17	4	0,6	145	523	642	7,17	207,6	2,95	.	115,1	0,98	2,42	228,7	5,24	0,76
8	de Banen	5,876	115	31	9,8	28	27	0,4	94	411	595	3,76	129,2	0,6	.	85,3	0,16	0,95	315,3	6,32	0,2
9	Recreatieplas Ter Spiegelt	6,003	395	154	64	127,7	3,6	0,3	90	400	515,5	0,7	364,8	3,0	150,0	244,6	1,1	0,1	600,9	165,5	1,5
10	Broekse Wielen onopgeschoond	6,356	754	395	372	1	124	11,9	113	423	453	3,1	255,0	2,2	122,6	108,2	1,0	10,2	81,4	71,4	0,4
10	Broekse Wielen onopgeschoond	6,37	729	401	390	4	117	11,4	112	418	460	3,2	257,0	3,9	122,1	108,2	1,5	10,2	81,7	70,7	0,6
10	Broekse Wielen onopgeschoond	6,375	813	396	390	2	122	11,4	113	395	458	3,3	257,8	5,2	124,0	108,1	3,1	10,2	81,3	70,1	0,6
11	Ven bij Schatijk/Munven	4,386	71	2	0	2	3	0,1	99	797	751	58,1	317,3	0,8	107,0	331,2	7,5	0,1	770,7	5,4	1,0
11	Ven bij Schatijk/Munven	4,405	77	2	0	2	3	0,1	98	803	746	61,1	313,0	1,1	103,4	333,0	7,6	0,1	765,1	4,1	1,2
11	Ven bij Schatijk/Munven	4,451	78	2	0	3	3	0,1	100	767	751	63,3	312,0	1,3	102,0	330,9	7,5	0,1	764,2	3,1	2,3
12	Beerze Blad	5,77	655	260	63	131	0	0,2	214	666	657	3,4	691,0	11,4	229,8	251,4	2,6	0,1	907,8	150,1	0,4
12	Beerze Blad	5,779	438	252	63	143	0	0,2	222	660	681	4,0	690,5	10,7	228,0	249,3	2,1	0,1	908,1	149,3	0,4
12	Beerze Blad	5,84	375	238	68	134	0	0,2	227	690	715	3,9	692,3	11,1	230,9	250,4	2,2	0,1	912,8	150,1	0,4
13	Reusel Baarschot	6,606	1144	388	649	86	0	0,4	266	762	647	3,4	795,0	9,7	276,0	333,9	0,3	0,2	694,4	84,0	0,3
13	Reusel Baarschot	6,62	1166	379	656	109	0	0,4	262	776	645	3,4	793,7	9,1	273,7	333,0	0,3	0,1	700,6	84,4	0,3
13	Reusel Baarschot	6,588	1291	400	643	85	0	0,4	256	684	609	3,5	796,5	10,6	272,4	333,7	0,3	0,3	692,8	84,0	0,3
14	Peelkanaal	6,959	3297	634	2393	156	5	1,8	112	1679	1467	7,0	1632,0	2,5	144,5	394,2	0,1	2,3	601,2	15,5	0,1
14	Peelkanaal	7,123	3411	473	2603	140	5	2,3	130	1978	1654	4,3	1635,5	2,3	143,9	393,5	0,1	2,0	601,9	14,0	0,3
14	Peelkanaal	7,175	3528	422	2617	148	6	1,8	129	1861	1627	6,1	1635,0	3,3	147,9	394,2	0,2	2,1	595,0	13,7	0,2
15	Klaverblad Rijksweg A73	7,081	4940	709	3543	1	6	17,9	829	7255	4819	2,7	1500,8	4,6	935,8	391,2	0,1	29,8	751,1	209,9	0,5
15	Klaverblad Rijksweg A74	7,279	5213	493	3886	3	35	33,2	759	6354	4199	2,1	1478,5	14,9	854,5	364,2	0,3	52,4	699,1	185,9	0,4
15	Klaverblad Rijksweg A75	7,029	6132	935	4148	74	10	11,4	928	8473	5197	2,7	1672,0	11,1	1042,2	442,4	0,4	24,0	786,6	240,6	0,7
16	Graafsewijk	7,007	4170	655	2761	152	126	53,5	546	4453	2908	3,1	1329,3	4,3	604,1	275,4	0,4	68,7	597,8	145,9	0,4
16	Graafsewijk	7,054	4377	627	2945	154	117	49,9	545	4409	2985	4,0	1330,8	4,1	600,5	277,9	0,3	68,4	596,6	144,8	0,6
16	Graafsewijk	7,258	4228	403	3027	140	110	44,9	538	4429	2945	2,2	1330,5	3,8	603,3	277,3	0,2	67,9	602,8	144,7	0,7
17	Uitstroom waterzuivering Budel	6,417	3401	1473	1597	5	6	0,8	272	13104	5666	11,2	1817,8	8,8	303,6	630,5	10,2	2,5	3738,3	341,2	14,7
17	Uitstroom waterzuivering Budel	6,463	3005	1311	1581	4	6	1,1	225	3390	16185	10,9	1815,3	9,0	306,4	625,9	18,9	2,5	3747,7	341,2	14,5
17	Uitstroom waterzuivering Budel	6,546	3117	1159	1692	3	4	0,8	253	12068	5060	11,9	1810,5	9,2	309,5	630,0	24,0	2,5	3716,5	342,5	15,0

Bijlage 8.1.1 Vervolg chemische analyses oppervlaktewater veldonderzoek. Concentraties in µmol/liter.

nr	Locatie	pH	Alkaliniteit	CO ₂	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
18	Leemputten	6,3	882	311	257	6	1	0,6	65	596	552	3,2	241,5	3,2	81,3	152,5	0,3	0,5	89,5	0,1	0,2
18	Leemputten	6,328	668	303	268	7	1	0,7	66	586	543	3,1	240,7	3,5	82,8	151,6	0,3	0,6	92,1	0,1	0,2
18	Leemputten	6,351	735	284	264	4	0	0,6	67	595	550	2,4	241,0	3,5	81,1	151,5	0,4	0,5	90,3	0,1	0,3
19	Groote Beerze bij Winkelsven	6,509	1547	711	953	44	4	0,5	209	1044	803	2,4	1029,0	26,1	221,5	214,4	11,6	2,1	664,5	169,6	0,7
19	Groote Beerze bij Winkelsven	6,583	1645	610	969	43	5	0,5	213	1028	796	1,9	1016,8	25,7	219,8	212,9	13,6	2,0	662,3	169,5	0,7
19	Groote Beerze bij Winkelsven	6,599	1621	610	1005	55	5	0,6	209	1029	802	2,3	1027,8	24,0	220,5	212,4	12,6	2,0	664,5	169,3	0,7
20	Peelrijt	5,979	1267	543	215	710	16	5,6	567	1043	835	33,0	804,3	24,2	570,3	339,7	1,0	11,6	396,6	135,4	2,1
20	Peelrijt	6,353	5185	305	285	864	14	6,3	653	907	755	25,1	873,5	33,4	658,8	416,5	0,5	14,6	505,3	102,0	1,7
20	Peelrijt	6,228	1293	456	320	885	24	5,9	673	899	740	23,5	886,0	37,3	673,9	431,3	1,4	15,1	533,3	122,5	1,8
21	Vlijmens Wiel	6,716	487	53	114	0	0	0,3	114	440	431	-0,3	139,2	0,8	119,2	56,6	0,2	0,1	58,6	0,1	1,7
21	Vlijmens Wiel	6,733	508	50	112	0	0	0,2	117	440	439	0,2	139,7	0,9	117,2	57,0	0,2	0,1	59,6	0,1	1,1
21	Vlijmens Wiel	6,772	569	50	122	0	0	0,2	117	444	429	0,4	141,4	0,9	123,0	57,6	0,2	0,1	58,6	0,1	0,7

Bijlage 8.1.2 Chemische analyses bodemvocht veldonderzoek. Concentraties in µmol/liter.

nr	Locatie	pH	Alk	CO ₂	HCO ₃	NO ₃	NH ₄	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
1	Broekse Wielen	6,074	562	380	187	3	4	0,6	43	383	395	1,2	331,0	1,2	103,8	15,0	1,3	226,4	17,3	0,7
1	Broekse Wielen	6,104	822	772	407	9	7	0,4	54	407	394	1,4	535,3	1,4	140,5	9,0	0,2	319,9	45,9	0,9
1	Broekse Wielen	6,382	2933	1931	1931	2	351	2,2	116	469	458	2,0	871,0	85,2	172,2	45,1	5,6	24,9	139,3	1,0
2	Driehoekspas	6,806	3057	520	1380	30	98	6,7	332	849	784	3,8	610,5	6,0	322,8	3,6	6,8	103,1	81,4	0,7
2	Driehoekspas	6,612	2955	872	1481	9	126	7,5	345	818	773	3,5	632,5	5,9	343,3	10,1	7,2	51,3	121,4	0,3
2	Driehoekspas	6,802	3178	538	1415	9	85	5,7	335	803	769	6,5	652,0	2,2	326,2	3,0	4,9	50,8	98,6	0,5
3	Heukelomsebeek 1	6,603	8078	830	1380	73	311	1,4	332	698	682	48,4	1380,0	2236,6	328,6	14,2	2,5	166,3	279,5	0,7
3	Heukelomsebeek 1	6,613	7380	1395	2375	70	680	1,8	483	1264	885	10,2	1704,0	1555,9	575,3	29,0	8,8	197,4	206,3	0,7
3	Heukelomsebeek 2	6,289	1274	961	776	12	32	0,7	207	1720	1322	4,4	1025,5	45,2	237,7	20,4	1,0	809,3	120,3	1,3
3	Heukelomsebeek 2	6,515	3016	1262	1714	50	82	3,3	230	1011	750	45,7	1118,3	121,1	228,1	35,2	16,6	482,9	274,5	1,3
4	Staalbergen	5,932	727	946	336	2	32	2,0	50	368	334	9,0	184,4	7,9	58,5	15,9	1,9	69,0	46,3	1,3
4	Staalbergen	6,132	136	310	174	3	10	1,6	37	445	378	1,6	238,1	4,8	41,2	3,6	0,9	122,6	15,5	0,5
4	Staalbergen	6,073	864	568	279	3	21	1,5	46	483	387	3,4	246,8	0,4	75,6	6,5	0,8	81,1	40,3	1,8
5	Van Esschenven	5,722	909	1738	380	2	52	0,7	44	393	371	23,5	263,8	82,3	97,7	26,3	0,7	76,6	208,0	14,5
5	Van Esschenven	5,735	1248	2653	598	1	180	0,4	58	398	371	25,2	240,7	217,7	96,5	8,0	1,8	69,2	255,3	10,0
5	Van Esschenven	5,603	533	1302	217	1	11	0,7	34	357	338	20,3	221,8	57,8	88,2	11,7	1,2	121,8	171,0	4,1
6	Beuven	5,938	542	381	137	5	27	0,4	116	188	241	11,7	258,5	5,7	114,0	6,2	1,3	78,8	92,9	2,8
6	Beuven	5,65	455	467	87	1	13	0,2	66	167	156	10,3	180,1	3,7	71,7	2,7	0,9	41,7	53,8	2,2
6	Beuven	5,853	542	480	142	1	35	0,4	147	239	262	8,1	163,5	5,9	58,9	3,5	0,5	36,7	61,9	3,5
7	Schoorkuilen	6,168	938	997	609	2	63	13,5	206	753	620	9,7	326,3	21,6	143,2	4,6	4,7	120,4	33,0	0,1
7	Schoorkuilen	6,213	936	903	612	3	61	12,7	208	736	635	10,1	323,3	21,0	140,2	4,5	4,4	116,2	31,8	0,1
7	Schoorkuilen	6,271	1001	817	633	3	61	13,0	208	764	640	10,4	328,3	21,1	140,8	4,6	5,7	115,9	31,8	0,1
8	de Banen	6,300	707	1026	925	3	31	0,3	128	535	867	10	276	6,2	115	3,1	0,9	32	45	0,1
8	de Banen	6,000	877	320	140	1	39	4,9	113	507	755	1,7	31	4,8	24	0,9	0,7	15	3,9	0,1
8	de Banen	6,000	734	937	385	2	37	0,4	86	547	819	25,6	333	20,9	154	5,6	0,8	73	62,1	0,1
9	Recreatieplas Ter Spegelt	6,188	681	728,6	466,1	104,5	27,4	4,1	100	600	768	1,7	877,6	35,9	432,5	4,5	7,2	1219,6	338,8	0,9
10	Broekse Wielen	6,242	1288	1033	748	4	265	19,8	124	388	444	4,0	369,5	3,0	130,0	3,2	17,0	44,2	187,2	0,3
10	Broekse Wielen	6,293	1715	1264	1030	12	249	6,3	145	390	400	5,8	439,5	5,0	156,5	3,5	18,1	42,0	255,4	0,8
11	Ven bij Schaijk/Munven	6,336	1481	1038	934	2	239	17,1	155	380	441	4,1	429,3	2,4	151,6	1,0	17,1	42,8	214,4	0,2
11	Ven bij Schaijk/Munven	5,413	295	881	95	2	19	0,5	282	924	1064	15,1	401,0	48,5	357,4	13,6	0,6	799,1	40,6	10,7
11	Ven bij Schaijk/Munven	5,72	226	167	36	2	16	3,8	100	748	756	2,0	385,3	6,1	360,4	14,5	3,9	747,4	30,6	1,2
11	Ven bij Schaijk/Munven	5,534	263	936	133	2	36	0,5	107	735	760	4,3	253,5	30,4	268,6	7,3	0,3	576,3	43,6	0,0
12	Beerze Bladel	6,521	6389	3107	4280	1	21	0,4	507	745	758	2,0	1266,3	1399,1	361,5	11,2	2,2	33,0	284,7	2,7
12	Beerze Bladel	5,858	2163	1017	304	7	2	0,1	288	705	664	2,1	799,0	299,3	261,9	10,8	0,3	1212,8	181,6	4,6
12	Beerze Bladel	6,432	2994	1297	1456	1	12	0,5	494	723	862	1,5	1238,8	981,2	364,2	11,4	6,5	721,2	209,8	1,5
13	Reusel Baarschot	6,444	1908	700	807	2	15	0,4	278	740	701	5,8	719,0	20,1	341,2	7,2	0,4	656,7	94,8	2,6
13	Reusel Baarschot	6,236	2537	1438	1028	10	24	0,3	324	758	734	3,0	767,3	146,6	379,6	12,6	1,2	574,5	147,5	7,3
14	Peelkanaal	6,796	3139	879	2315	11	66	0,7	139	1194	1597	1,6	1491,0	14,4	374,7	8,7	1,3	444,5	30,1	0,4
14	Peelkanaal	6,830	3139	879	2466	2	11	2,8	126	1929	1642	1,1	1575,0	10,1	387,5	2,6	3,0	581,0	23,6	0,4
14	Peelkanaal	6,939	3311	773	2788	2	13	2,8	114	1849	1632	1,9	1577,0	31,4	385,0	3,1	5,6	492,8	33,0	0,2
15	Klaverblad Rijksweg A73	6,955	7666	1405	5258	9	50	7,6	555	8960	5688	4,3	1662,0	13,4	506,2	21,0	15,4	302,2	277,7	1,0
15	Klaverblad Rijksweg A74	6,613	8038	2716	4624	83	18	2,1	599	7036	4442	19,2	1808,5	139,8	610,7	44,7	15,3	54,2	345,7	0,9
15	Klaverblad Rijksweg A75	7,579	7500	259	4070	10	52	1,0	342	4055	2576	2,5	809,3	15,5	243,6	7,2	0,5	349,2	86,7	0,7
16	Graafsedijk	7,574	5086	209	3256	105	160	44,2	509	3931	2541	3,9	1225,0	3,3	322,3	4,0	55,0	638,3	166,2	1,1
16	Graafsedijk	7,291	6275	480	3891	77	212	68,2	661	5333	3181	6,3	1233,3	5,3	359,3	7,9	68,7	483,5	233,5	0,5
16	Graafsedijk	6,986	5500	854	3433	4	75	1,2	497	3475	2466	2,7	572,5	49,6	250,2	11,1	1,3	315,0	76,7	0,5
17	Uitstroom waterzuivering Budel	7,083	3476	175	878	3	16	3,9	227	9431	4399	8,6	320,0	1,4	90,3	12,3	2,8	190,6	53,8	4,1
17	Uitstroom waterzuivering Budel	6,887	3361	727	2327	5	3	2,0	272	38017	19330	3,7	1825,0	0,5	625,1	43,2	2,1	3672,9	342,0	3,9
17	Uitstroom waterzuivering Budel	6,657	5448	2023	3810	2	15	3,5	126	6534	5485	2,6	2045,8	11,9	339,6	40,6	4,1	324,3	201,1	3,5

Bijlage 8.1.2 Vervolg chemische analyses bodemvocht veldonderzoek. Concentraties in µmol/liter.

nr	Locatie	pH	Alk	CO ₂	HCO ₃	NO ₃	NH ₄	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
18	Leemputten	6,206	2896	2409	1607	2	205	0,7	99	563	588	8,4	648,8	251,4	212,0	18,3	6,0	27,3	214,3	9,2
18	Leemputten	6,333	1581	1320	1179	5	131	0,4	85	529	584	10,4	483,5	145,7	180,8	15,4	0,7	30,1	140,7	5,8
18	Leemputten	6,247	2516	1872	1372	6	132	0,5	84	543	563	1,4	587,8	219,2	239,7	23,6	2,1	30,7	135,6	3,5
19	Groote Beerze bij Winkelsven	6,555	3840	1046	1557	13	39	2,0	273	1418	1177	2,3	1071,3	126,9	302,3	37,7	8,3	614,3	194,4	4,3
19	Groote Beerze bij Winkelsven	6,655	2285	722	1355	4	32	2,5	285	1291	1137	1,3	989,5	47,7	264,7	31,7	8,1	584,4	145,5	2,7
19	Groote Beerze bij Winkelsven	6,476	3129	1106	1374	2	51	1,5	269	1372	1157	1,4	939,8	193,7	268,7	39,9	10,9	527,7	184,0	6,2
20	Peelrijt	6,752	2262	398	932	65	151	0,5	867	795	773	2,6	1066,8	270,8	575,3	12,8	6,1	1003,7	140,1	4,5
20	Peelrijt	6,786	2520	356	902	81	81	2,0	923	816	798	1,3	1142,0	193,5	622,2	28,1	16,0	1169,5	98,3	1,7
20	Peelrijt	6,66	1897	410	778	395	85	1,1	891	764	748	5,0	1052,0	115,0	531,3	8,6	6,6	919,3	99,0	2,7
21	Vlijmens Wiel	6,136	728	398	226	6	28	6,4	92	310	315	16,0	282,8	0,8	74,1	0,2	11,5	53,0	29,8	1,0
21	Vlijmens Wiel	6,193	1622	500	324	0	136	0,2	139	538	680	8,4	398,5	39,5	97,9	7,3	0,9	29,4	112,1	3,6
21	Vlijmens Wiel	5,926	768	683	239	0	80	0,7	131	449	471	0,7	182,8	15,8	64,8	1,5	1,1	31,4	12,6	0,8

Bijlage 8.1.3 Chemische analyses bodem veldonderzoek. Concentraties in µmol/liter.

nr	Locatie	Al-b	Ca-b	Fe-b	K-b	Mg-b	Mn-b	Na-b	P-b	S-b	Si-b	Zn-b	Olsen-P	NH ₄ -zout	orgstof	
1	Broekse Wielen	19685	2628	9603	3668	4863	380	1382	378	2752	4231	205	67	50,8	0,4	
1	Broekse Wielen	29738	3673	14864	4175	8031	267	1746	989	1861	4531	147	128	9,2	0,3	
1	Broekse Wielen	30845	3181	12428	4203	5632	129	985	781	3156	4251	239	155	26,4	0,5	
2	Driehoekspas	43452	18971	30698	4333	12624	607	1213	1521	29708	4359	220	176	110,7	1,1	
2	Driehoekspas	40521	7597	34160	4866	10494	352	1021	1023	41155	3929	339	206	275,5	0,5	
2	Driehoekspas	34566	12007	24176	6632	11041	466	1364	3706	27383	4659	310	176	55,4	5,4	
3	Heukelomsebeek 1	65326	5827	162387	4513	10293	507	329	7448	5745	8207	279	586	99,6	2,9	
3	Heukelomsebeek 1	53392	11964	316950	4729	7861	1295	335	8544	13922	8383	471	397	200,3	1,8	
3	Heukelomsebeek 2	85272	74558	100746	3826	7732	2199	315	4697	39100	3261	226	94	64,4	75,4	
3	Heukelomsebeek 2	85426	27525	99189	6737	15729	3031	610	3160	36046	6905	646	240	249,8	1,6	
4	Staalbergen	41243	2740	16120	3900	4440	39	102	879	18796	5200	469	335	66,5	1,2	
4	Staalbergen	50641	6191	21495	2421	4605	102	-107	2536	36949	4970	1118	298	260,5	5,1	
4	Staalbergen	92565	16555	38494	5837	6748	229	-157	4712	90383	5107	2101	414	87,1	2,9	
5	Van Eschenven	71312	6367	20676	5991	7022	104	-195	1047	6513	4521	163	238	66,7	2,1	
5	Van Eschenven	45796	9832	18179	1924	4948	191	3	1566	17720	3659	430	242	713,3	2,9	
5	Van Eschenven	47755	10595	18774	3523	6014	262	212	2520	13979	3606	186	166	294,5	3,2	
6	Beuven	16382	2851	4616	3826	1901	-9	45	1319	3332	3877	116	333	291,1	0,5	
6	Beuven	14543	1637	3142	2702	1436	-41	43	908	1527	3310	82	213	200,9	2,5	
6	Beuven	13283	5451	5134	2508	2101	19	184	2015	6787	2242	167	479	179,1	1,3	
7	Schoorkuilen	25051	4980	4850	3953	2947	22	40	732	2919	2188	55	160	120,5	1,4	
7	Schoorkuilen	31486	4966	6694	3074	3792	19	46	552	2617	3399	42	188	109,3	1,1	
7	Schoorkuilen	30582	6952	7370	4894	3797	42	46	925	3984	2915	60	186	102,7	0,4	
8	de Banen	71171	15746	10187	8054	7068	418	-4	2370	11601	2769	1610	271	172,2	5,7	
8	de Banen	62351	14375	9388	5647	6429	398	33	1919	8971	3733	995	352	197,3	4,4	
8	de Banen	120748	27367	16124	12078	11772	761	103	3074	15938	3135	1842	359	196,2	8,4	
9	Recreatieplass Ter Spiegel	75098	6652	74719	4100	6330	351	171	2159	10401	2626	379	161	105,1	13,7	
10	Broekse Wielen	2292	26688	8170	2060	4365	1143	304	4029	14882	813	117	1300	1216,0	56,3	
10	Broekse Wielen	3518	20748	5055	1573	3636	677	296	3507	14685	659	154	923	393,2	59,8	
10	Broekse Wielen	5277	16844	12531	12067	7232	125	2035	5618	29589	3606	190	666	144,0	10,5	
11	Ven bij Schaijk/Munven	125282	6356	13047	5313	17634	184	1848	1831	15914	6875	823	107	40,4	0,8	
11	Ven bij Schaijk/Munven	153160	426069	104857	8108	11231	3460	6565	145	773	3657	3494	443	216	65,7	21,9
11	Ven bij Schaijk/Munven	104857	8108	11231	3460	6565	145	773	3657	30947	3494	443	216	65,7	21,9	
12	Beerze Bladel	203954	24152	114907	12524	56778	577	339	2472	4772	9625	529	107	61,1	0,8	
12	Beerze Bladel	109320	13989	336491	6006	13263	340	139	15345	19986	6921	609	426	172,4	2,0	
12	Beerze Bladel	28979	4210	34805	3818	5520	43	54	1037	15450	3647	128	220	96,3	1,4	
13	Reusel Baarschot	20541	5756	11584	3070	2807	32	109	926	7804	4630	116	258	51,9	0,4	
13	Reusel Baarschot	25035	10052	21219	2094	3074	9	93	1314	33922	4944	104	266	72,2	0,9	
13	Reusel Baarschot	31496	11902	20247	3426	3123	67	58	1818	20171	4953	317	423	70,8	0,7	
14	Peelkanaal	246804	84707	62039	3944	11449	179	1569	36574	92717	4858	1240	1358	44,5	5,6	
14	Peelkanaal	92037	13567	24479	9340	12320	75	4858	3588	8836	4527	540	590	48,7	0,8	
14	Peelkanaal	271253	81710	65642	3461	10496	182	1399	49168	91361	1679	752	808	75,2	26,9	
15	Klaverblad Rijksweg A73	249936	30574	88527	21757	26938	772	4813	5520	27413	7370	710	757	71,3	3,6	
15	Klaverblad Rijksweg A74	92205	24517	123263	7199	14436	769	4639	5139	117716	10601	499	400	38,9	4,9	
15	Klaverblad Rijksweg A75	420478	40133	201112	31231	69100	2005	5157	13283	28780	34926	864	1626	56,5	2,0	
16	Graafsewijk	271103	3701	18885	3941	7496	63	1562	1179	486	4499	120	488	15,5	0,1	
16	Graafsewijk	147225	24872	91601	11826	23843	372	2335	10712	24954	12877	409	1526	198,3	5,0	
16	Graafsewijk	203867	20173	208229	14540	28362	4184	1995	11336	2141	16648	454	2503	87,2	0,7	
17	Uitstroom waterzuivering Budel	58119	35555	73449	9987	9298	25483	2484	10459	52003	4327	12770	1522	143,1	1,5	
17	Uitstroom waterzuivering Budel	66049	35587	67005	10922	9509	30060	2993	8206	57124	6731	12050	926	86,7	0,9	
17	Uitstroom waterzuivering Budel	53900	44859	68674	8546	9180	38730	3768	11617	72335	3519	26650	1221	95,8	1,7	

Bijlage 8.1.3 Vervolg chemische analyses bodem veldonderzoek. Concentraties in µmol/liter.

nr	Locatie	Al-b	Ca-b	Fe-b	K-b	Mg-b	Mn-b	Na-b	P-b	S-b	Si-b	Zn-b	Olsen-P	NH4zout	orgstof
18	Leemputten	228635	38052	142901	17098	65923	1835	1416	7795	7802	7498	431	291	84,2	1,7
18	Leemputten	62431	42167	72693	9377	15802	1135	1122	4668	23826	3696	285	323	160,5	8,6
18	Leemputten	79265	24608	97371	8188	16488	1124	1282	4254	6748	5520	248	169	54,7	1,8
19	Groote Beerze bij Winkelsven	215653	33128	331294	13913	22013	3463	492	14472	23642	9730	1428	1321	156,3	1,1
19	Groote Beerze bij Winkelsven	209359	26128	280495	10692	23366	2736	619	17825	24854	9921	1061	1185	210,7	2,6
19	Groote Beerze bij Winkelsven	96501	17595	206404	5651	10291	2074	317	11055	13931	6217	768	928	105,3	1,0
20	Peelrjt	86486	84363	127883	8528	18248	1090	340	18656	34944	4869	1858	1514	380,2	1,8
20	Peelrjt	48276	18354	38744	5445	10576	360	249	6229	11953	4416	388	714	121,2	1,6
20	Peelrjt	79710	12301	36611	14368	13817	281	261	5040	9647	4903	375	1321	96,2	0,6
21	Vlijmens Wiel	82760	176337	39611	3897	22768	925	42	4485	40052	2668	618	340	339,3	4,6
21	Vlijmens Wiel	32432	33123	23574	3416	4144	141	106	14277	34049	2651	646	806	91,3	11,2
21	Vlijmens Wiel	46222	30177	26912	3863	7262	194	33	4011	55990	4026	1505	431	91,0	6,8

Bijlage 8.1.4 Chemische analyses waterkwaliteit Kleine Beek. Concentraties in µmol/liter.

	pH	Alkaliniteit	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
Kwetsloot de Matjens	6,326	764,8	403,3	354,6	2,7	629,0	31,9	2,3	66,8	0,2	145,8	1,0	226,7	75,6	0,1
Kleine Beek bij Ostaayen (de Matjens)	6,342	867,5	621,3	566,7	2,9	1022,5	48,0	429,4	337,6	6,0	732,6	4,8	999,1	182,9	0,2
Kleine Beek bij de Buis (boven stuw)	6,612	1163	473,3	803,9	2,0	1113,5	34,3	433,2	358,5	5,0	743,5	3,6	987,9	177,8	0,1
Kleine Beek bij Zundert/Prinsenbrug	6,700	1256	466,4	970,0	2,2	1180,5	29,9	469,1	375,8	2,3	731,3	3,3	980,1	173,6	0,1

8.2 Veldonderzoek: fotos onderzoekslocaties (fotos: E. Lucassen)

8.2.1 Broekse Wielen, opgeschoond wiel (Grave)



8.2.2 Driehoekspas (Haps)



8.2.3 Heukelomse Beek (Heuloërbeek, Bergen)



8.2.4 Staalbergven (Oisterwijk)



8.2.5 Van Esschenven (Oisterwijk)



8.2.6. Beuven (Someren)



8.2.7 Schoorkuilen (Nederweert)



8.2.8 De Banen (Nederweert)



8.2.10 Broekse Wielen, niet opgeschoond wiel (Grave)



8.2.11 Munven-Ven bij Schaijk (Schaijk)



8.2.12 Beerze (Bladel)



8.2.13 Reusel (Baarschot)



8.2.14 Peelkanaal-Defensiekanaal (Rips)



8.2.15 Klaverblad Rijksweg A73 (Haps)



8.2.16 Graafsedijk (Haps)



8.2.17 Afwateringskanaal zinkfabriek (Budel Dorplein)



8.2.18 Leemputten (Udenhout)



8.2.19 Beerze nabij Winkelsven (Oisterwijk)



8.2.20 Peelrijt (Someren)



8.2.21 Vlijmens Wiel (Nieuwkuijk)



