

Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken

**Huidige waarden
Aanbevelingen voor inrichting
KRW-Tool**



Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken

**Huidige waarden
Aanbevelingen voor inrichting
KRW-Tool**

Gerben van Geest
Arie de Niet (Witteveen+Bos)
Sven Teurlincx

1203415-000

Titel

Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Waterdienst

Project

1203415-000

Kenmerk

1203415-000-ZWS-0008

Pagina's

62

Trefwoorden

Waterplanten, Rijntakken, KRW-tool, huidige natuurwaarden, KRW, N2000.

Samenvatting*Aanleiding*

De laatste decennia is er veel aandacht voor het behoud, herstel en ontwikkeling van riviergebonden ecosystemen. Bij dit herstel is de terugkeer van waterplantenrijke systemen één van de doelstellingen. Bij veel maatregelen die in recente jaren zijn uitgevoerd, blijft de ontwikkeling van waterplanten echter achterwege, mede vanwege diverse kennislacunes die de effectieve uitvoer van maatregelen in de weg staan. Zo dient beter inzicht verkregen te worden in de randvoorwaarden voor succesvol herstel van waterplantenrijke systemen. Voorts is er bij waterbeheerders behoefte aan een model waarmee de effecten van maatregelen voor waterplantenontwikkeling bepaald kunnen worden. Tot slot wil Rijkswaterstaat zicht op de ligging van locaties met waardevolle vegetaties om op strategisch niveau keuzes te maken voor behoud of herstel.

Doelstellingen

Deze studie beoogt de volgende doelstellingen:

- inzicht krijgen in de randvoorwaarden voor succesvol herstel van waterplantenrijke systemen;
- ontwikkeling van een KRW-tool van waterplanten, waarmee de effectiviteit van maatregelen beoordeeld kan worden;
- een toelichting op de rekenregels en gedetailleerde uitleg van de richtlijnen voor inrichting;
- overzicht van de huidige waarden van vegetatierijke systemen als onderbouwing voor de beslissing voor behoud of herstel.

Aanpak

Via data-analyse is een overzicht gemaakt van de sturende factoren voor waterplantengroei langs de Nederlandse Rijntakken. In een multidisciplinaire aanpak zijn relaties gelegd tussen de samenstelling van vegetatiegemeenschappen en factoren die door locatiekeuze en inrichting van uiterwaarden 'gestuurd' kunnen worden, zoals grootte en vormgeving, overstromingsduur en afvoer- of grondwater-gestuurde peilfluctuaties. Hiermee zijn rekenregels opgesteld waarmee de effecten van maatregelen voorspeld kunnen worden. Bij het opstellen van de rekenregels zijn de watertypen gegroepeerd in enerzijds de rivier en aangetakte wateren (hoofdstroom, nevengeul, eenzijdig aangetakte strangen en plassen) en anderzijds de geïsoleerde plassen. Er zijn rekenregels opgesteld voor het voorkomen van ondergedoken vegetatie en drijfbladplanten in alle watertypen. Voor uiterwaardplassen daarnaast ook voor vier kenmerkende waterplantsoorten: Gewoon kransblad (*Chara vulgaris*), Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*), Watergentiaan (*Nymphoides peltata*) en Gele plomp (*Nuphar lutea*).

De rekenregels zijn ingebouwd in een "KRW-tool waterplanten Rijn". Deze tool geeft inzicht in de effecten van verschillende ontwerpkeuzes op de ontwikkelingsmogelijkheden voor waterplanten. De rekenregels houden sterk rekening met locatie-specifieke omstandigheden en de resultaten worden gepresenteerd op een dusdanige manier dat de resultaten direct bruikbaar zijn voor een inrichtingsplan.

Titel

Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1203415-000	1203415-000-ZWS-0008	62

Zo worden de kansen voor waterplanten berekend via hoogteligging, positie langs de riviertak, de hoogte van de zomerkade, bodemtype, afstand tot de rivier en ouderdom. Met deze informatie zijn richtlijnen opgesteld voor behoud, ontwikkeling en herstel van vegetatierijke systemen langs de Rijn.

Aanbevelingen voor inrichting

Voor de hoofdstroom, nevengeulen en eenzijdig aangetakte wateren gelden de volgende aanbevelingen:

- bij het huidige peilregime van de Rijn is stabiele vestiging van waterplanten alleen mogelijk in de stroomafwaartse delen van de Waal (vanaf Zaltbommel) en IJssel (vanaf Zwolle). Onder gestuwde condities zijn de oeverzones van de Neder-Rijn en Lek potentieel geschikt voor waterplantengroei; de uiteindelijke kansen voor waterplanten worden hier sterk bepaald door de jaarlijkse variatie in gestuwde en ongestuwde condities;
- Voor waterplantengroei dient de gemiddelde waterdiepte in mei niet meer te zijn dan 1,90 meter. Deze diepte geldt zowel in de hoofdstroom, als in nevengeulen en eenzijdig aangetakte strangen.
- Op betreffende locaties moet tot juli water staan, omdat het groeiseizoen anders te kort is voor succesvolle vestiging, handhaving en/of uitbreiding.
- Nevengeulen moeten tenminste van mei tot en met juli meestromen.

Voor geïsoleerde plassen gelden de volgende aanbevelingen:

- Aanbevolen wordt om kleine (< 1 ha), ondiepe (< 1,5 meter) plassen aan te leggen op locaties met een lage overstromingsduur (< 20 dagen/jaar);
- Bij voorkeur fluctueert het waterpeil in de plas mee met het peil van de rivier, waardoor (een deel van) de plas aan het einde van de zomer droogvalt;
- Voor nieuwe plassen die in uiterwaarden worden aangelegd met een hoge overstromingsduur (> 20 dagen/jaar) wordt een geringe waterdiepte (< 1,50 meter) en oppervlak (< 0,22 ha) aanbevolen met een hoge droogvalfrequentie.
- Door het stabielere waterpeil van de gestuwde Neder-Rijn en Lek zal er weinig droogval optreden in plassen langs deze Rijntak. Deze uiterwaarden bieden mogelijkheden voor de ontwikkeling van vegetaties karakteristiek voor matig voedselrijke milieu's gevoed door kwelwater vanuit de Utrechtse heuvelrug en het Veluwemassief. In uiterwaarden met een lage overstromingsduur (< 2 dagen per jaar) kunnen kleine poelen en kwelmoerassen (< 0,2 ha) worden aangelegd, waar soorten als Groot blaasjeskruid, Waterviolier en Kransvederkruid tot ontwikkeling kunnen komen.

Overzicht huidige waarden

Uiterwaardplassen zijn gewaardeerd op grond van doelstellingen voor Natura 2000 en de KRW. Het overzicht bevat ondermeer gegevens van circa 400 geïsoleerde uiterwaardplassen die bemonsterd zijn in de jaren 1999 t/m 2010. Het habitattype Meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden (H3150) is in circa 70 plassen vastgesteld, en het type Kranswierrijke wateren (H3140) op slechts één locatie in een diepe zandwinput. Tevens is het habitattype Beken en rivieren met waterplanten (H3260B) op 25 locaties in de hoofdstroom aangetroffen. Circa de helft van de onderzochte plassen wordt als "waardevol voor de KRW" gekenmerkt. De gegevens kunnen ingelezen worden met Google Earth via een kml-bestand; tevens zijn deze gegevens in Donar ingevoerd en als GIS-files beschikbaar.


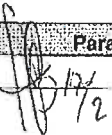

Titel
 Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken

Opdrachtgever
 RWS-Waterdienst

Project
 1203415-000

Kenmerk
 1203415-000-ZWS-0008

Pagina's
 64

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	feb. 2011	Gerben van Geest		Tom Buijse		Toon Segeren	
		Arie de Niet (Witteveen+Bos)					
		Sven Teurlincx					

Status
 definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Doelstellingen	2
1.2 Leeswijzer	2
2 Methodiek	3
2.1 Onderzoeksgebied	3
2.2 Definitie van watertypen	3
2.3 Bemonstering	5
2.3.1 Bemonsterde locaties	5
2.3.2 Methodiek bemonsteren en verwerken resultaten	7
3 Waterplanten in de hoofdstroom en aangetakte wateren	9
3.1 Huidige verspreiding en vergelijking met de jaren vijftig	9
3.2 Hydrologie	10
3.3 Veranderingen in waterkwaliteit	13
3.4 Scheepvaart en waterstroming	14
3.5 Overige factoren	14
3.6 Integratie van resultaten	15
4 Waterplanten in geïsoleerde uiterwaardplassen	17
4.1 Achtergrond	17
4.2 Huidige natuurwaarden voor vegetatie	18
4.3 Sturende factoren voor vegetatieontwikkeling	19
5 Afleiding rekenregels voor de KRW-tool	29
5.1 Motivatie en keuze van stuurvariabelen in het model	29
5.1.1 Hoofdstroom en aangetakte wateren	29
5.1.2 Geïsoleerde plassen	31
5.2 Afleiding rekenregels	32
5.2.1 Dataset	32
5.2.2 Doelvariabelen	33
5.2.3 Verklarende variabelen	33
5.2.4 Modelkeuze	35
6 Waardering van waterplantenrijke systemen	41
7 Aanbevelingen voor inrichting	45
7.1 Nevengeulen	45
7.2 Eenzijdig aangetakte wateren	46
7.3 Geïsoleerde plassen	47
8 Referenties	50
Bijlage(n)	
A Handleiding KRW-tool waterplanten Rijn	A-1

B Regressiebomen voor soorten

B-1

C Toelichting bij Google Earth tool

C-1

1 Inleiding

De laatste decennia is er veel aandacht voor het behoud, herstel en ontwikkeling van riviergebonden ecosystemen. Veel herstelprojecten worden uitgevoerd ten behoeve van de Ecologisch Hoofdstructuur (Nadere Uitwerking voor het Rivieren Gebied - NURG), de Europese Kaderrichtlijn Water en Ruimte voor de Rivier. Voorbeelden van maatregelen die getroffen worden zijn de aanleg van nevengeulen, het verlagen van zomerkades en het eenzijdig aantakken van plassen aan de hoofdstroom. Deze maatregelen beogen zowel een vergroting van de afvoercapaciteit van de rivier als herstel van riviergebonden ecosystemen. Bij dit herstel is de terugkeer van waterplantenrijke systemen één van de doelstellingen. Bij veel maatregelen die in recente jaren zijn uitgevoerd, blijft de ontwikkeling van waterplanten echter achterwege. Op dit ogenblik is nog onduidelijk waardoor dit wordt veroorzaakt. Inzicht in de factoren die dit herstel belemmeren of bevorderen is van belang voor de effectieve uitvoer van maatregelen.

Waterplanten vertegenwoordigen een belangrijke component van ecosystemen in laaglandrivieren. De afgelopen decennia zijn langs de Nederlandse Rijntakken grote veranderingen opgetreden in de bedekking en samenstelling van de vegetatie (Van den Brink, 1994). In de jaren vijftig van voorgaande eeuw stond in veel eenzijdig aangetakte strangen een uitbundige vegetatie van ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten met soorten als Glanzig fonteinkruid, Watergentiaan en Gele plomp (Van Donselaar, 1961, Van der Voo & Westhoff, 1961). Ook in stroomopwaarts gelegen delen van de hoofdstroom groeiden destijds waterplanten. Zo bevonden zich halverwege voorgaande eeuw diverse groeiplaatsen van Rivierfonteinkruid in de Bovenrijn (nabij Lobith) en de Waal tussen Nijmegen en Deest (Kern & Reichgelt, 1950).

De vegetatierijkdom van de jaren vijftig uit de vorige eeuw verschilt sterk met de huidige situatie: tegenwoordig zijn waterplanten vrijwel afwezig in vrijwel alle eenzijdig aangetakte strangen, en in de hoofdstroom groeien waterplanten alleen in de meest stroomafwaarts gelegen riviertrajecten. Ook in geïsoleerde plassen in het winterbed van de rivier zijn grote veranderingen opgetreden (Van den Brink, 1994). Weliswaar zijn veel geïsoleerde plassen nog steeds gedomineerd door waterplanten, maar de soortensamenstelling vertoont opvallende verschuivingen. Soorten van laagdynamische milieu's (zoals Krabbenscheer) zijn vrijwel verdwenen, en het areaal van oeverbegroeiingen met helofyten als Riet, Mattenbies en Kleine lisdodde is sterk gekrompen (Van den Brink, 1994).

Op dit ogenblik is onduidelijk waardoor de veranderingen in ruimtelijke verspreiding van waterplanten worden veroorzaakt. Factoren die hierbij een rol kunnen spelen zijn veranderingen in het peilregime van de rivier, toename van de scheepvaart, wijzigingen in de waterkwaliteit (eutrofiëring en verhoogde chloride-gehalten), het wegvallen van kwelstromen, natuurlijke successie, veranderingen in de morfologie (diepte, grootte, vorm) van uiterwaardwateren, lokaal landgebruik en graasdruk door vee en vogels. Dit rapport geeft een overzicht van de factoren die de ontwikkeling van waterplanten in de Nederlandse Rijntakken sturen. Hierbij zijn de effecten van deze factoren op de vegetatie zoveel mogelijk gekwantificeerd voor zover hierover informatie beschikbaar was.

Bij waterbeheerders is behoefte aan een model, waarmee de effecten van maatregelen op de mogelijkheden voor waterplantenontwikkeling bepaald kunnen worden. Hiervoor zijn de rekenregels die in dit project zijn opgesteld, ingebouwd in een 'KRW-tool voor waterplanten Rijn'. Met deze tool kunnen locaties aangegeven worden waar behoud, herstel of ontwikkeling van waterplantenrijke wateren in de Nederlandse Rijntakken een kansrijke optie is voor het behalen van de goede ecologische toestand. Eveneens wordt aangegeven welke maatregelen (op welke locaties) niet succesvol zullen zijn. De rekenregels houden sterk rekening met locatiespecifieke omstandigheden. Binnen de Rijntakken zijn namelijk trajecten te onderscheiden waar het aantakken van strangen tot een succes kan leiden, maar ook tot een ongewenste ontwikkeling waarbij een rijk begroeide geïsoleerde strang verandert in een kale en doorgaans troebele aangetakte waterplas. Bij het opstellen van de rekenregels is uitsluitend aandacht geschonken aan factoren die met inrichtingsmaatregelen 'gestuurd' kunnen worden. Voorbeelden hiervan zijn het effect van aantakking op de hoofdstroom, vormgeving van de wateren (oppervlak, diepteverdeling), de Rijntak en de overstromingsduur.

Tot slot is er ook behoefte aan een overzicht van de bestaande natuurwaarden van vegetaties in uiterwaardplassen. In het studiegebied komen verschillende N2000 habitattypen voor, te weten: meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden (H3159), Beken en rivieren met waterplanten (H3260B) en Kranswierwateren (H3140). Ook komen op diverse locaties waterplantenvegetaties voor met verschillende soorten die kenmerkend zijn voor riviersystemen. Dergelijke plassen kunnen waardevol zijn voor de KRW. Op dit ogenblik ontbreekt het aan een overzicht van de ligging van zulke waardevolle locaties, waardoor het niet goed mogelijk is om op strategisch niveau keuzes te maken voor behoud of herstel.

1.1 Doelstellingen

Deze studie beoogt de volgende doelstellingen:

- inzicht krijgen in de randvoorwaarden voor succesvol herstel van waterplantenrijke systemen;
- ontwikkeling van een KRW-tool van waterplanten, waarmee de effectiviteit van maatregelen beoordeeld kan worden;
- een toelichting op de rekenregels en gedetailleerde uitleg van de richtlijnen voor inrichting;
- overzicht van de huidige waarden van vegetatierijke systemen als onderbouwing voor de beslissing voor behoud of herstel;

1.2 Leeswijzer

Deze rapportage geeft een overzicht van de sturende factoren voor waterplantenontwikkeling langs de Nederlandse Rijntakken en de rekenregels die zijn opgesteld voor de KRW-tool waterplanten Rijn. De tekst is zodanig opgezet dat de hoofdstukken afzonderlijk kunnen worden gelezen. Hierdoor waren kleine dubbelingen in de tekst onvermijdelijk, voornamelijk in de inleiding van de hoofdstukken. Enkele van deze hoofdstukken zullen aan het tijdschrift "De Levende Natuur" worden aangeboden.

In hoofdstuk 2 wordt het gebied beschreven en de methode van bemonstering toegelicht. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de sturende factoren voor waterplantenontwikkeling in de hoofdstroom en aangetakte wateren, en in HS 4 worden de stuurfactoren voor geïsoleerde uiterwaardplassen besproken. Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de afleiding van de rekenregels voor de KRW-tool. De huidige waarden van waterplantenrijke systemen langs de Rijn staan beschreven in hoofdstuk 6. Tot slot staan in HS 7 aanbevelingen voor inrichting vermeld.

2 Methodiek

2.1 Onderzoeksgebied

De volgende rivieren of riviergedeeltes zijn in deze studie betrokken:

- de Boven-Rijn, Bijlands Kanaal – Waal (vanaf Lobith tot aan slot Loevestein);
- Pannerdens Kanaal – Nederrijn – Lek (stroomafwaarts tot Schoonhoven);
- de gehele IJssel (Arnhem - monding Ketelmeer);
- het Zwarte Water;

Vrijwel het gehele onderzoeksgebied valt onder het KRW-type “Langzaam stromende rivieren op klei of zand” (R7); alleen het gedeelte van de Lek tussen de stuw bij Hagestein en Schoonhoven en de Waal stroomafwaarts van Zaltbommel behoren tot “Zoet getijdenwater” (KRW-type R8) (Van der Molen & Pot, 2007).

In dit gebied liggen vele wateren. In deze studie is veel aandacht geschonken aan de vegetatiesamenstelling van:

- de hoofdstroom van de rivier;
- eenzijdig aangetakte ondiepe¹ strangen en plassen;
- ondiepe, geïsoleerde plassen in het winterbed van de uiterwaarden.

Nevengeulen zijn in een andere studie uitgebreid onderzocht (Geerling *et al*, 2011). De rekenregels voor macrofyten in de hoofdstroom zijn echter ook van toepassing in de nevengeulen. Met de “KRW-tool waterplanten Rijn” kunnen zodoende ook de kansen voor waterplantenontwikkeling in nevengeulen berekend worden. Binnen dit onderzoek is geen aandacht gegeven aan sloten en mondingen van beken of zijriviertjes die zich in de uiterwaarden bevinden. Om praktische redenen zijn diepe zandwinputten eveneens nauwelijks onderzocht.

In de periode 1999 – 2010 zijn in totaal circa 640 locaties in de hoofdgeul en eenzijdige en geïsoleerde plassen onderzocht. Hierdoor is een uitgebreid overzicht verkregen van de verschillen in vegetatiesamenstelling. Eveneens is in deze periode een set van 70 geïsoleerde plassen jaarlijks onderzocht, waarmee de variatie tussen jaren in beeld is gebracht. In een multidisciplinaire aanpak zijn relaties gelegd tussen de samenstelling van vegetatiegemeenschappen en factoren die door locatiekeuze en inrichting van uiterwaarden ‘gestuurd’ kunnen worden, zoals de vormgeving van de wateren, overstromingsduur door de rivier en grondwatergestuurde peilfluctuaties. Op basis van deze informatie zijn richtlijnen opgesteld voor behoud, ontwikkeling en herstel van vegetatierijke systemen langs de Rijn.

2.2 Definitie van watertypen

Binnen deze studie wordt onderscheid gemaakt tussen de hoofdstroom, nevengeulen, eenzijdig aangetakte strangen en geïsoleerde plassen. Onderstaand zijn deze watertypen nader gedefinieerd. Deze definities gelden voor een gemiddeld peilverloop van de Rijn.

¹ Ondiep omvat plassen tot een diepte van circa 3 meter.

De hoofdstroom bestaat uit de hoofdgeul van de rivier, inclusief de kribvakken langs de oevers. Een nevengeul loopt parallel aan de hoofdstroom van de rivier en heeft een tweezijdige verbinding met de rivier (zie Figuur 2.1). Een nevengeul kan deels droogvallen bij laag water, maar stroomt in de periode mei t/m juli in ieder geval met de rivier mee.



Figuur 2.1 De nevengeul van de Vreugderijkerwaard in 2003 (Foto: B. Boekhoven).

Een eenzijdig aangetakte strang heeft een eenzijdige open verbinding met de rivier. Deze verbinding ligt vrijwel altijd stroomafwaarts (zie Figuur 2.2). Alleen bij hoog water kan een eenzijdig aangetakte strang meestromen met de rivier. In de rest van het jaar staat het water voornamelijk stil en varieert de waterstand met het rivierpeil.



Figuur 2.2 Eenzijdig aangetakte strangen nabij Veessen (voorgrond) en in de Duursche Waarden in 2003 (achtergrond) (Foto: B. Boekhoven).



Figuur 2.3 Een voorbeeld van een geïsoleerde plas in de Broomwaard bij Zuilichem in 2003 (Foto: B. Boekhoven). Tijdens de zomer zijn dergelijke plassen niet direct verbonden met de rivier; in de winter kunnen dergelijke plas wel overstroomen.

Voor geïsoleerde plassen geldt dat er geen permanente open verbinding is met de rivier (Figuur 2.3). Bij hoog water kan een dergelijke plas overstroomd worden door de rivier. Bij een laag waterpeil in de rivier kan een plas (deels) droogvallen ten gevolge van grondwatertransport richting de hoofdstroom, wegzijging en verdamping.

2.3 Bemonstering

In deze paragraaf worden de bemonstering en verwerking van resultaten besproken.

2.3.1 Bemonsterde locaties

Voor de analyse van vegetatiegegevens is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

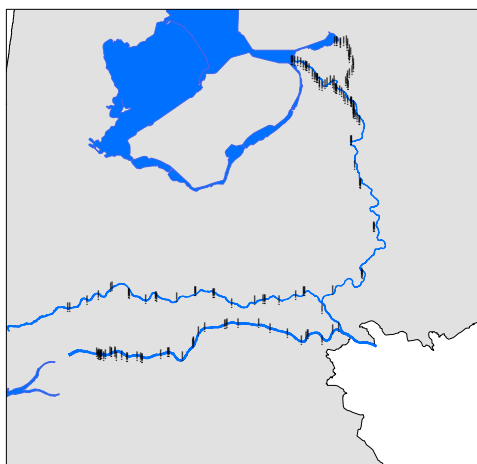
- Vegetatieopnames van eenzijdig aangetakte strangen uit 1954-1956;
- MWTL-data uit de hoofdstroom van de rivier (2004-2009);
- Vegetatieopnames van de benedenstroomse delen van de Waal en IJssel (hoofdstroom, eenzijdig aangetakte wateren) in 2010 (deze studie);
- Gegevens van geïsoleerde plassen (1999 t/m 2010)

In onderstaande figuren staan de locaties weergegeven waarvoor gegevens van waterplanten beschikbaar zijn voor resp. de jaren vijftig en de jaren 1999 – 2010.

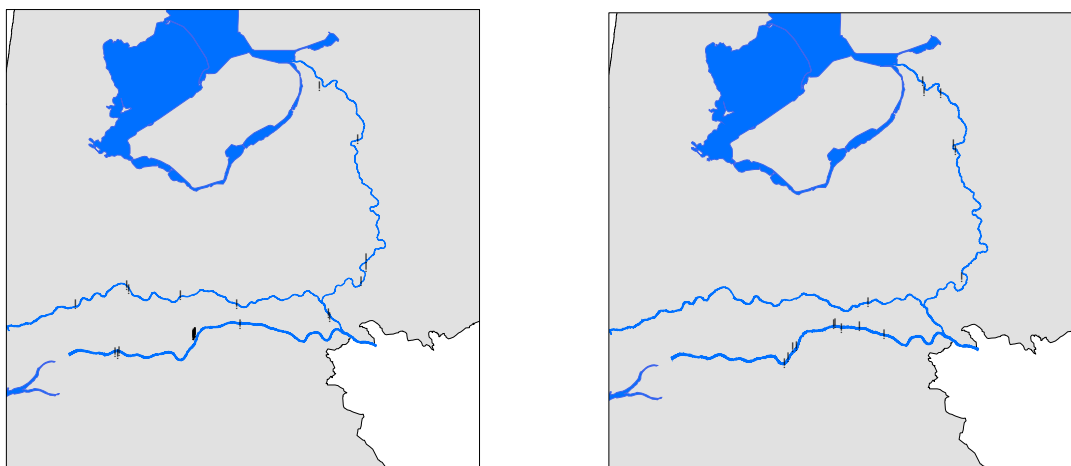
Voor de hoofdstroom zijn voor de jaren 1954-1956 geen vegetatieopnames beschikbaar. De gegevens uit de jaren 2004-2010 zijn gebaseerd op MWTL-gegevens uit 2004 t/m 2009 en data verzameld in 2010 (dit project). De gegevens van MWTL zijn evenredig verdeeld over de drie Rijntakken.

Van eenzijdig aangetakte strangen zijn data beschikbaar van zowel de jaren vijftig als recente jaren. Voor geïsoleerde plassen zijn veel data beschikbaar vanuit de jaren vijftig en recente jaren. In de jaren vijftig zijn alleen oude strangen bemonsterd; de gegevens uit recente jaren omvatten zowel oude strangen, ondiepe kleiputten als enkele diepe zandwinputten en wielen.

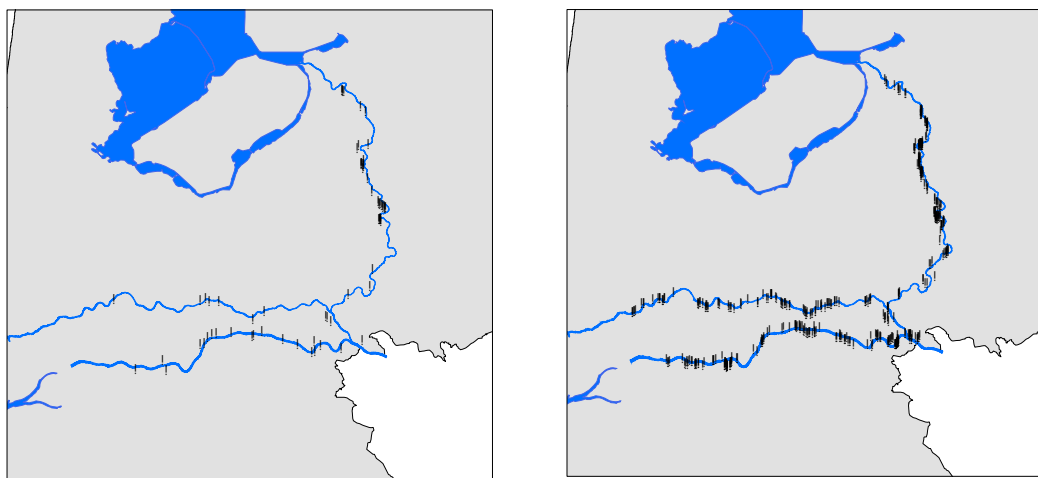
In 2010 heeft Jacques Leemans aanvullende bemonsteringen uitgevoerd in de benedenstroomse delen van de Waal en IJssel, en in eenzijdig aangetakte en geïsoleerde wateren langs de Bovenrijn, Waal, IJssel, Pannerdens kanaal en Neder-Rijn/Lek.



Figuur 2.4 Ligging van meetlocaties voor waterplantenvegetaties in de hoofdstroom in de periode 2004 t/m 2010. Voor de jaren 1954-1956 zijn geen meetdata voorhanden.



Figuur 2.5 Ligging van meetlocaties voor waterplantenvegetaties in eenzijdig aangetakte strangen in jaren 1954-1956 (linkerfiguur) en de periode 2004 t/m 2010 (rechterfiguur).



Figuur 2.6 Ligging van meetlocaties voor waterplantenvegetaties in geïsoleerde wateren in de jaren 1954-1956 (linkerfiguur) en de periode 2004 t/m 2010 (rechterfiguur).

2.3.2 Methodiek bemonsteren en verwerken resultaten

Onderstaand wordt de bemonsteringstechniek van de verschillende plastypen beschreven.

Hoofdstroom en eenzijdig aangetakte strangen

De vegetatieopnames uit de jaren vijftig van voorgaande eeuw staan beschreven in ongepubliceerde verslagen van het SOL-onderzoek (Stichting Onderzoek Levensgemeenschappen). De opnames zijn uitgevoerd volgens de methode van Braun-Blanquet. Voor dit project zijn deze data volgens Bijkerk (2010) omgezet in de RWS-schaal met 7 klassen. Hierdoor zijn de resultaten vergelijkbaar met de MWTL-gegevens en de resultaten van geïsoleerde plassen. De waterdieptes van de betreffende opnames ten tijde van de bemonstering zijn eveneens verkregen uit deze verslagen. Voor verdere details over de bemonstering in de periode 1954-1956 wordt verwezen naar Van Donselaar (1961). Voor nevengeulen is gebruik gemaakt van data van Geerling *et al.* (2011).

Geïsoleerde plassen

In 1999 zijn de ondergedoken en drijfbladvegetatie bemonsterd in 917 plots die verdeeld waren over 100 geïsoleerde uiterwaardplassen. De periode van bemonstering was van begin juli tot begin augustus. Het aantal plots per plas was afhankelijk van het oppervlak en de complexiteit van de vegetatiestructuur, en varieerde tussen de 4 – 31 per plas. De locaties van de plots werden zodanig gekozen, dat deze tezamen een representatief beeld gaven van de ruimtelijke verspreiding van vegetatietypen in de desbetreffende plas. De plotgrootte varieerde van 1 m² (ondergedoken vegetatie) tot 4 m² (nymphaeïde vegetatie). Alle plots werden vanuit een boot bemonsterd. De vegetatie werd bemonsterd aan de hand van een dubbele harkkop met een lang touw. In elke plot werd de bedekking van de individuele soorten uitgedrukt in de volgende klassen (1: < 1%; 2: 1-5%; 3: 6-15%; 4: 16-25%; 5: 26-50%; 6: 51-75%; 7: 76-100%). Tevens werd het totale percentage bedekking genoteerd van resp. ondergedoken waterplanten, drijvende planten, helofyten en filamenteuze macro-algen (Van Geest *et al.*, 2005a).

In een volgende stap is het programma TWINSPAN gebruikt om de plots aan vegetatieopnames toe te wijzen. De bedekkingsklassen werden hierbij als 'pseudospecies cut levels' gebruikt. Plots met een totale vegetatiebedekking < 15% werden geclassificeerd als het type 'vegetatiearm'. Op basis van verschillen in dominantie van soorten zijn vegetatietypen onderscheiden. Voor elk vegetatietype werd het bedekkingspercentage bepaald ten opzichte van het totale plasoppervlak. Op deze manier werden de bedekkingspercentages bepaald van de kenmerkende vegetatietypen voor de dataset van 100 plassen. In alle jaren werd een vegetatietype als 'kenmerkend' voor een plas gezien als deze in tenminste 5-10% van het totale plasoppervlak voorkwam (Van Geest *et al.*, 2005a). Voor de naamgeving van de vegetatietypen is zoveel mogelijk de typologie van de 'Vegetatie van Nederland' (Schaminée *et al.*, 1995) aangehouden.

Aan de hand van dit classificatiesysteem is ook het bedekkingspercentage bepaald van vegetatietypen in plassen die bemonsterd zijn in de periode 2000 t/m 2010. Deze plassen zijn vanaf de oever of wadend bemonsterd. Voor deze plassen is alleen de bedekking van kenmerkende vegetatietypen (met bedekking plasoppervlak > 5-10%) bepaald; uitgebreide soortenlijsten zijn van deze plassen niet voorhanden. Indien in deze plassen minder algemene en zeldzame soorten werden aangetroffen, is dit wel genoteerd en zijn de gegevens in de database opgenomen.

3 Waterplanten in de hoofdstroom en aangetakte wateren

In de afgelopen twee decennia is het beheer en inrichting van de uiterwaarden sterk veranderd. Het landgebruik is in veel uiterwaarden verschoven van landbouw naar natuur en er zijn nieuwe plassen, geulen en strangen aangelegd (Buijse *et al.* 2001; Van der Molen *et al.* 2002; Reeze *et al.* 2005). Ook voor de komende jaren staat een groot aantal maatregelen op stapel voor de uitvoering van de Kaderrichtlijn Water en Ruimte voor de Rivier. Veel van deze maatregelen resulteren in een grotere invloed van de rivier in uiterwaarden: zo worden er diverse nevengeulen aangelegd en worden plassen eenzijdig aangetakt. Dergelijke wateren waren in het verleden rijk begroeid met waterplanten. Vaak wordt aangenomen dat deze vegetaties zich zullen vestigen na uitvoer van de herstelmaatregelen. In veel wateren die in recente jaren aan de hoofdstroom zijn aangetakt, komen echter geen waterplanten tot ontwikkeling (Coops *et al.*, 1993; Doef & Coops, 1996a, b; Lauwaars *et al.*, 1997; Geerling *et al.*, 2011, resultaten deze studie). Ook in de hoofdstroom van de Waal en IJssel beperkt waterplantengroei zich tot op heden tot de meest stroomafwaarts gelegen delen (Noordhuis, 1995; resultaten uit MWTL-monitoring en deze studie). Op dit ogenblik is nog onduidelijk waardoor dit wordt veroorzaakt.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag welke factoren de waterplantenontwikkeling in de hoofdstroom en aangetakte wateren stuurt, en in hoeverre de situatie uit de jaren vijftig als streefbeeld gebruikt kan worden. Op basis hiervan zijn richtlijnen opgesteld, die in hoofdstuk 7 nader worden toegelicht.

3.1 Huidige verspreiding en vergelijking met de jaren vijftig

Tegenwoordig komen maar op beperkte schaal waterplanten voor in de hoofdstroom en aangetakte wateren. In de hoofdstroom is hun verspreiding beperkt tot de meest stroomafwaartse delen van de IJssel (vanaf Zwolle, rivierkm 972) en de Waal (nabij Zaltbommel, rivierkm 190). Langs de Waal bestaat de vegetatie vrijwel alleen uit een algemene soort als Schedefonteinkruid. In de IJssel daarentegen groeit ook het zeldzame Rivierfonteinkruid. Vegetaties van deze soort behoren tot het N2000 habitatype H3260B (Beken en rivieren met waterplanten).

In nevengeulen groeien waterplanten eveneens alleen op stroomafwaarts gelegen locaties, zoals bij Gameren (Aarvederkruid) en in de Vreugderijkerwaard langs de IJssel (Rivierfonteinkruid). In de recent aangelegde nevengeul in de Bakenhof nabij Arnhem zijn waterplanten afwezig. Ook in eenzijdig aangetakte strangen en plassen komen tegenwoordig nauwelijks waterplanten voor, ongeacht de ligging van deze locaties langs de Rijntakken.

De huidige situatie verschilt sterk met die van de jaren 1954-1956 (Van Donselaar, 1961; Van der Voo & Westhoff, 1961). In die jaren stonden in veel eenzijdig aangetakte strangen een uitbundige vegetatie van ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten. Ook in de hoofdstroom groeiden destijds waterplanten (ondermeer nabij Nijmegen en Beneden-Leeuwen, Van 't Hullenaar, 1989). Naast de verspreiding was in die periode ook de soortenrijkdom veel groter. In de jaren vijftig kwamen Glanzig fonteinkruid, Brede waterpest, Watergentiaan en Veenwortel op veel plaatsen voor, waarbij laatstgenoemde twee hun optimum hadden in eenzijdig aangetakte strangen. Ook Rivierfonteinkruid is in de periode 1947-1949 aangetroffen in kribvakken en eenzijdig aangetakte strangen van de Waal tussen Deest en Millingen (Kern & Reichgelt, 1950).

De vraag is natuurlijk waardoor de verschillen in ruimtelijke verspreiding van waterplanten worden veroorzaakt, zowel in de huidige situatie als in de jaren vijftig. Achtereenvolgens zullen de invloed van hydrologie, scheepvaartbewegingen en waterkwaliteit behandeld worden.

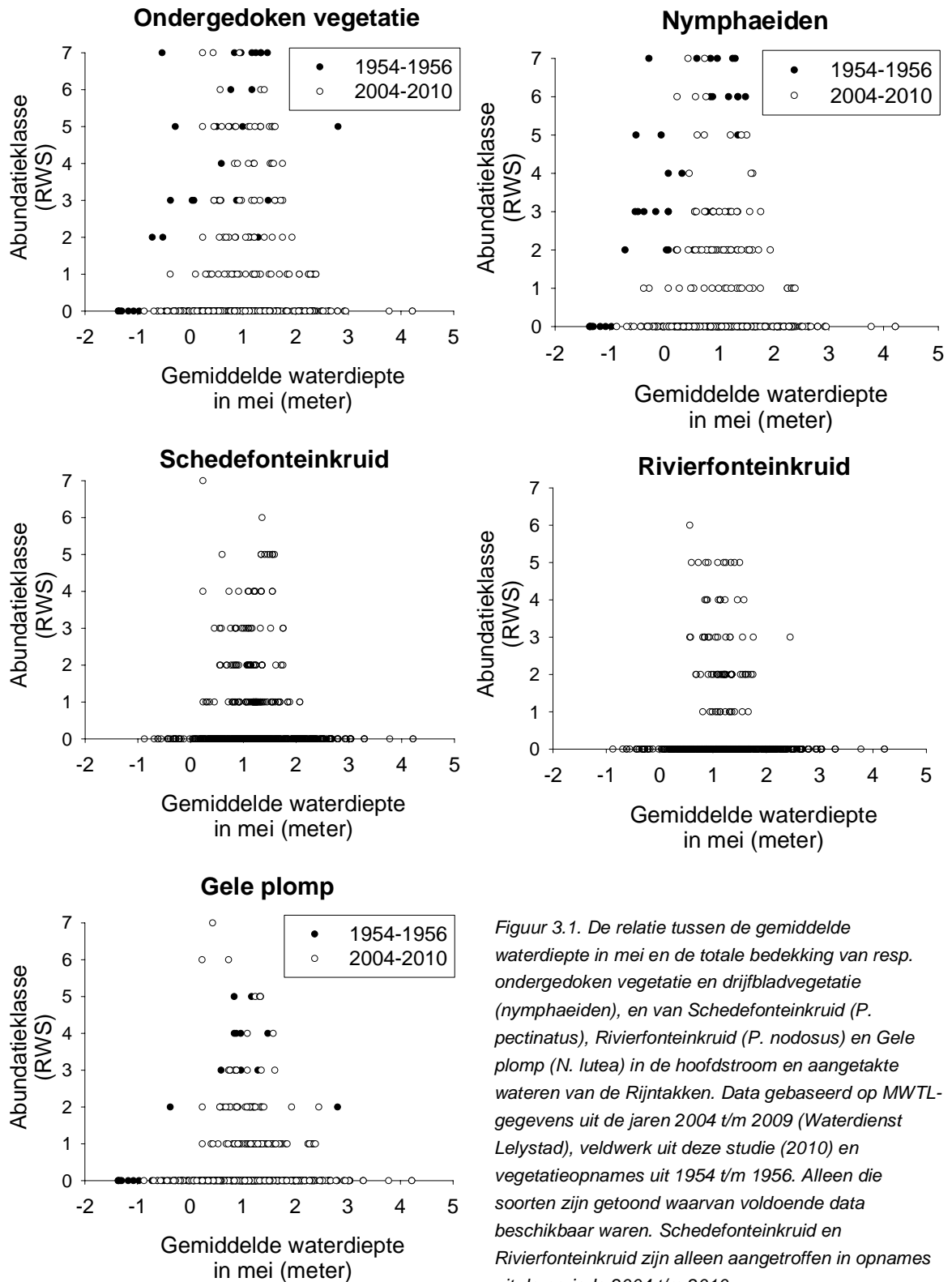
3.2 Hydrologie

Het waterpeilregime is één van de meest belangrijke factoren voor waterplantengroei (Keddy & Fraser, 2000). Vooral de start van het groeiseizoen – wanneer de planten nog klein zijn – geldt als een kritische periode. In Figuur 3.1 is voor vegetatieopnames de abundantie van waterplanten weergegeven als functie van het gemiddelde waterpeil in mei in het betreffende opnamejaar. Hieruit blijkt dat het waterpeil in mei een goede verklarende factor is voor het voorkomen van waterplanten. Veel soorten hebben hun optimum bij een gemiddelde waterdiepte in mei tussen de 0,50 – 1,50 meter. Het maximum van de waterdiepte in mei waarop ondergedoken en nymphaeide vegetaties voorkomen bedraagt 1,90 meter.

Een tweede belangrijke factor voor vegetatiegroei is veranderingen in waterpeil tussen mei en juli. Weliswaar kan de waterdiepte in mei binnen de geschikte range voor waterplantengroei vallen, maar een te sterke peildaling in daarop volgende maanden kan dit teniet doen. Bij een te snelle daling van de waterstand valt de locatie namelijk reeds in juni of juli droog en duurt het vegetatieseizoen te kort voor de ontwikkeling van waterplanten. Weliswaar hebben diverse waterplantensoorten aanpassingen voor tijdelijke droogval, maar ook voor deze soorten geldt dat het groeiseizoen voldoende lang moet zijn voor hun ontwikkeling.

Aan de hand van bovenstaande data is nagegaan in hoeverre verschillen in waterstandsverloop van de Rijntakken de huidige verspreiding van waterplanten kan verklaren. Tussen de riviertakken zijn namelijk duidelijke verschillen in peilregime. Nabij Lobith heeft de Rijn de grootste fluctuaties, ook tijdens het groeiseizoen. Langs de Waal en IJssel dempen deze fluctuaties in stroomafwaartse richting uit. In de Nederrijn en Lek daarentegen is de variatie van het waterpeil sterk gedempt door drie stuwen, die in de jaren zestig van voorgaande eeuw zijn gebouwd.

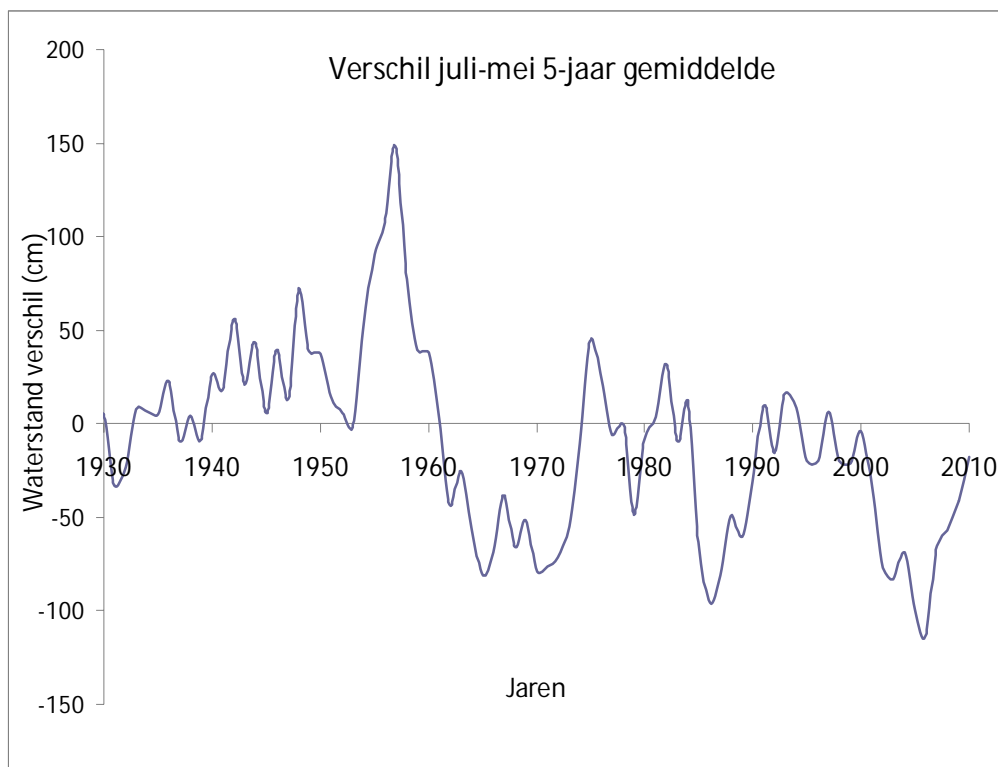
De bovenstaande gegevens zijn gebruikt om rekenregels op te stellen voor het voorkomen van waterplanten. Aan de hand hiervan is een analyse uitgevoerd waarbij het waterpeil van recente jaren is gemodelleerd met een hoogtekkaart van de rivierbedding uit het jaar 2009. Uit deze analyse kwam naar voren dat het waterpeil in de stroomopwaartse delen van de rivier teveel varieert voor de groei van waterplanten. Deze dynamiek geldt niet alleen binnen één jaar, maar vooral ook tussen jaren. In sommige jaren is het waterpeil ook bij Lobith vrij stabiel, waardoor waterplanten zich in potentie ook in stroomopwaarts gelegen delen van de rivier kunnen vestigen. Echter, in de daarop volgende jaren zijn de peilfluctuaties veel te groot, waardoor eventueel gevestigde waterplanten weer verdwijnen. Dit komt overeen met diverse veldwaarnemingen van waterplanten in deze riviertrajecten. Zo groeide Rivierfonteinkruid in 2006 in de beschutting van de jachthaven nabij Lobith (Niemeijer *et al.*, 2008) die in open verbinding met de Rijn staat. Ook zijn in 2010 in stroomopwaartse delen van de IJssel kleine veldjes Schedefonteinkruid (*P. pectinatus*) aangetroffen (o.a. nabij Wijhe en Gorssel). In de gestuwde Neder-Rijn en Lek komen over de gehele rivierlengte waterplanten tot ontwikkeling. De bedekking en frequentie zijn hier echter laag, wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door het stuwregime van deze riviertak. Uit bovenstaande veldwaarnemingen blijkt dat waterplanten in staat zijn om zich snel te vestigen in jaren met een lage peildynamiek. In daarop volgende jaren zullen deze groeiplaatsen naar verwachting weer verdwijnen door de grotere peilfluctuaties op deze locaties.



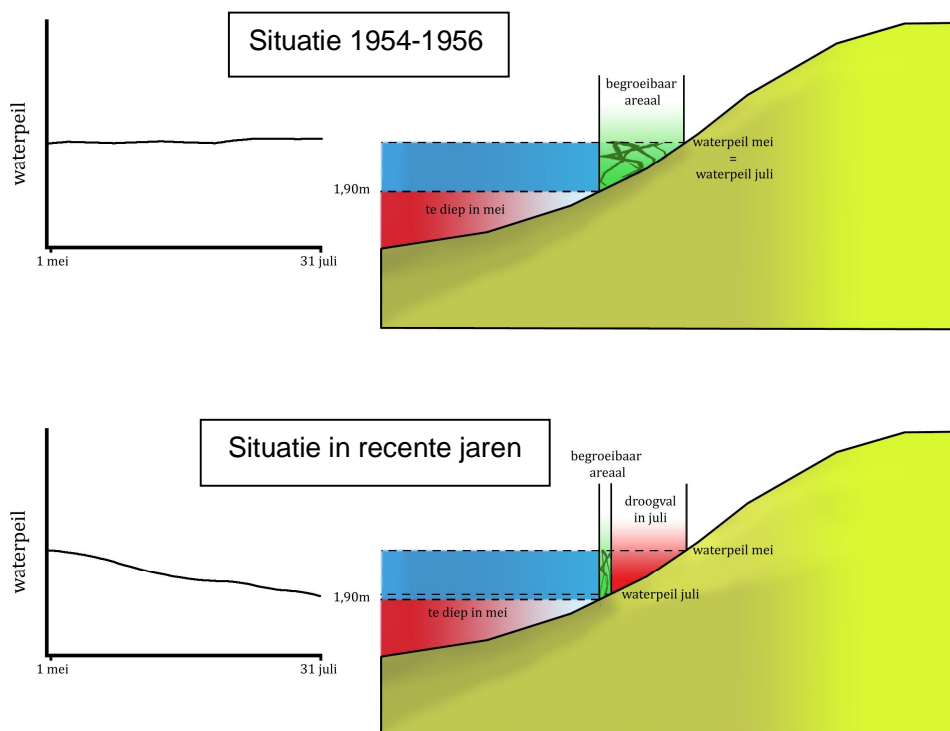
Figuur 3.1. De relatie tussen de gemiddelde waterdiepte in mei en de totale bedekking van resp. ondergedoken vegetatie en drijfbladvegetatie (nymphaeiden), en van Schedefonteinkruid (*P. pectinatus*), Rivierfonteinkruid (*P. nodosus*) en Gele plomp (*N. lutea*) in de hoofdstream en aangetakte wateren van de Rijntakken. Data gebaseerd op MWTL-gegevens uit de jaren 2004 t/m 2009 (Waterdienst Lelystad), veldwerk uit deze studie (2010) en vegetatieopnames uit 1954 t/m 1956. Alleen die soorten zijn getoond waarvan voldoende data beschikbaar waren. Schedefonteinkruid en Rivierfonteinkruid zijn alleen aangetroffen in opnames uit de periode 2004 t/m 2010.

Samenvattend kan gesteld worden dat het waterpeil zich over een periode van meerdere aaneengesloten jaren binnen de range voor waterplantengroei moet bevinden, voordat succesvolle en meerjarige vestiging en uitbreiding mogelijk is. Bij de huidige peildynamiek van de Rijn voldoen alleen de meest stroomafwaarts gelegen locaties aan deze randvoorwaarde.

In een volgende stap is nagegaan in hoeverre het peilregime de grote verschillen in vegetatiebedekking tussen de jaren vijftig en recente jaren kan verklaren. Hierbij is eveneens gebruik gemaakt van dezelfde rekenregels als bovenstaande analyse. Inderdaad is het waterpeil in de jaren vijftig veel stabielier dan in recente jaren, zowel binnen één jaar als tussen achtereenvolgende jaren. Aan de hand van een GIS-analyse is het waterpeil van de jaren vijftig gemodelleerd met de hoogteligingskaart van 2009. Hieruit kwam naar voren dat het waterpeil in de jaren vijftig gunstiger was voor waterplanten dan in recente jaren. Dit is vooral terug te voeren op de verschillen in peildynamiek in de maanden mei t/m juli. In recente jaren daalt het waterpeil veelal in deze periode (Figuur 3.2). Hierdoor valt een groot deel van de oeverzone tegenwoordig al in juni of juli droog, en is daardoor ongeschikt voor waterplantengroei (Figuur 3.3). In de periode 1930 – 1955 echter is er sprake van een stabiel of zelfs stijgend waterpeil tussen mei en juli (Figuur 3.2), waardoor in de ondiepe oeverzones wel waterplantengroei mogelijk is, en het begroeibaar areaal beduidend groter is (Figuur 3.3), met name langs de Waal.



Figuur 3.2 Voortschrijdend gemiddelde (5-jaar) voor het verschil in gemiddeld waterpeil tussen mei en juli bij Lobith voor de jaren 1930-2010. Negatieve waarden betekenen een peildaling, positieve waarden een peilstijging.



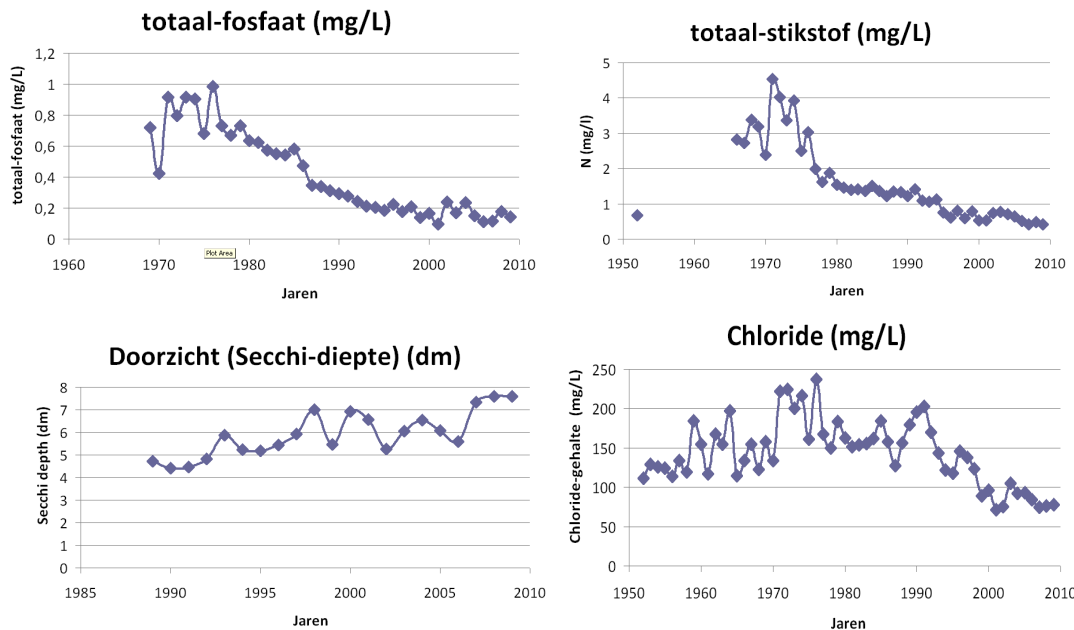
Figuur 3.3 Schematisch overzicht van verschillen in begroeibaar areaal voor waterplanten in de periode 1954-1956 en recente jaren. In de periode 1954-1956 was er een stabiel (of zelfs licht stijgend) waterpeil tussen mei en juli (bovenste figuur). Hierdoor was er in die jaren een groot areaal beschikbaar voor waterplanten. In recente jaren daarentegen daalt het waterpeil in de maanden mei t/m juli (onderste figuur). Hierdoor is het begroeibaar areaal voor waterplanten sterk gekrompen (zie tekst voor verdere uitleg).

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat het waterpeil een belangrijk verklarende factor is voor de huidige verspreiding van waterplanten in de Rijntakken, evenals voor verschillen met het verleden. Echter, andere factoren zoals veranderingen in waterkwaliteit en vormgeving van het rivierbed en de sterk toegenomen scheepvaart spelen hoogstwaarschijnlijk ook een grote rol (zie hieronder).

3.3 Veranderingen in waterkwaliteit

Naast peilfluctuaties kunnen ook veranderingen in waterkwaliteit van invloed zijn geweest op de waterplantengroei. Duidelijk is dat de chloride-gehalten een duidelijk verhoogd waren in de jaren 1960 – 1990 (Figuur 3.4). Deze waarden veroorzaakten waarschijnlijk een groeiremning van waterplanten in het veld. Zowel Rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus*) als Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*) vertoonden namelijk een significant lagere biomassa-productie en relatieve groeisnelheden wanneer deze planten werden blootgesteld aan chloride-concentraties van 250 mg l^{-1} (Van den Brink, 1994). Deze waarden werden destijds geregeld in de Rijn vastgesteld.

Hiernaast kunnen veranderingen in nutriëntengehaltes een belangrijke rol hebben gespeeld. In de jaren zeventig waren de concentraties van fosfaat en stikstof sterk verhoogd (zie Figuur 3.4). In de afgelopen twee decennia zijn deze gehalten sterk gedaald, en is het doorzicht eveneens verbeterd (Figuur 3.4).



Figuur 3.4 Verloop van de gehalten van totaal-fosfaat, totaal-stikstof, doorzicht en chloride in de Rijn gedurende de afgelopen decennia.

3.4 Scheepvaart en waterstroming

Naast veranderingen in peilregime zijn er ook grote veranderingen in de intensiteit van de scheepvaart. De Rijn is één van de drukst bevaren rivieren van Europa. Golfslag ten gevolge van scheepvaart kan een grote invloed hebben op de bedekking en het voorkomen van soorten (Willby *et al.*, 2001). Vooral langs de Waal veroorzaakt de scheepvaart een sterke waterbeweging, die een sterke bodemturbulentie veroorzaakt. Het is aannemelijk dat deze bodemturbulentie op veel plaatsen de groei van waterplanten zal verhinderen, zeker op ondiepe oevers van de hoofdstroom.

3.5 Overige factoren

Naast peilfluctuaties, golfslag en stroming kunnen de mogelijkheden voor vegetatie door vele andere factoren beïnvloed worden. Waterplanten kunnen in hun groei en ontwikkeling ook belemmerd worden door vraat. Vanaf 2006 is in kribvakken langs de Lek het effect van graas onderzocht aan de hand van exclosures (Van Schie, 2009). In 2006 en vooral 2008 was de ontwikkeling van Schedefonteinkruid binnen de exclosures vele malen groter dan erbuiten (zie Figuur 3.5). Dit wijst hoogstwaarschijnlijk op vraat van waterplanten door ganzen, die tijdens de zomermaanden in grote aantallen in dit gebied verblijven (Van Schie, 2009). Ook langs de IJssel werden in 2010 regelmatig 'afgeknipte' planten aangetroffen, wat waarschijnlijk eveneens door ganzenvraat was veroorzaakt (Leemans, mondelinge mededeling). Deze resultaten suggereren dat ganzenvraat tegenwoordig een belangrijke factor is die de ontwikkeling van waterplantenrijke systemen kan belemmeren.

Hiernaast kan de vegetatiegroei ook beïnvloed worden door de aanwezigheid van stenen beschoeiing. Vooral langs de IJssel liggen grote delen van de oevers in het stortsteen.



Figuur 3.5 Effect van exclusie op de vegetatieontwikkeling in een kribvak langs de Lek. In de exclusie komt een uitgebreide vegetatie van Schedefonteinkruid tot ontwikkeling, evenals aangeplante exemplaren van Rivierfonteinkruid. Buiten de exclusie is de bedekking van ondergedoken waterplanten (zeer) laag, wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door ganzenvraat. (foto: J. van Schie).

3.6 Integratie van resultaten

Binnen deze studie is de relatie geanalyseerd tussen de peildynamiek en het voorkomen van waterplanten. De resultaten suggereren dat het waterpeil in de bovenstroomse delen van de rivier tegenwoordig te dynamisch is voor waterplantengroei. In de benedenstroomse delen van de rivier zijn de peilfluctuaties kleiner, zowel binnen een jaar, als tussen opeenvolgende jaren. Hierdoor zijn waterplanten in staat zich op deze locaties te vestigen, handhaven en uit te breiden. Bij deze analyse moet echter bedacht worden dat de invloed van andere relevante factoren (zoals de invloed van scheepvaart, veranderingen in waterkwaliteit en morfologie van de rivierbedding en vogelgraas) niet in de berekeningen zijn meegenomen. Uiteindelijk zullen de mogelijkheden voor vegetatieontwikkeling bepaald worden door het gecombineerde effect van deze factoren.

Op dit ogenblik komen in vrijwel alle eenzijdig aangetakte strangen niet of nauwelijks waterplanten voor. Veel van de huidige eenzijdig aangetakte strangen hebben in mei een waterdiepte van meer dan twee meter, waardoor deze strangen te diep zijn voor waterplantengroei. Dit geldt ook voor recent aangelegde wateren in natuurontwikkelingsprojecten, zoals in de Blauwe Kamer en de Duursche Waarden. In hoofdstuk 7 ("Aanbevelingen voor inrichting") wordt hier nader op ingegaan. Naast de grote diepte zullen de mogelijkheden voor waterplantengroei in eenzijdig aangetakte wateren ook beperkt worden door de invloed van golfslag van scheepvaart, waardoor veel fijn slib in resuspensie wordt gehouden. Ook kan herstel van waterplanten worden teniet gedaan door ganzenvraat, of de opkomst van verschillende invasieve exoten, zoals Chinese wolhandkrabben en diverse kreeftensoorten. Onderzoek moet uitwijzen welke oorzaken hier een rol spelen, en hoe hier met inrichtingsmaatregelen mee omgegaan kan worden.

4 Waterplanten in geïsoleerde uiterwaardplassen

4.1 Achtergrond

De komende jaren staan langs de Rijntakken een groot aantal maatregelen op stapel voor de uitvoer van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en 'Ruimte voor de Rivier' (BPRW). Voorbeelden van deze maatregelen zijn de aanleg van nevengeulen, het verlagen van zomerkades en het eenzijdig aantakken van plassen aan de hoofdstroom. Deze maatregelen leveren zowel een vergroting van de afvoercapaciteit van de rivier als ook herstel van riviergebonden ecosystemen. Bij dit herstel is de terugkeer van waterplantenrijke systemen één van de doelstellingen. De vraag is hoe maatregelen zo effectief mogelijk kunnen worden ingezet om dit te bewerkstelligen.

Waterplanten komen vooral voor in plassen die niet permanent met de hoofdstroom van de rivier verbonden zijn en weinig (gemiddeld minder dan 20 dagen per jaar) worden overstroomd. Dit zijn de zogenaamde laagdynamische delen van de uiterwaarden, die tussen zomerdijk en winterdijk liggen of hoger gelegen zijn. Voor een effectief behoud en herstel van deze laagdynamische systemen dient inzicht verkregen te worden op de volgende vragen:

- wat zijn de huidige natuurwaarden van waterplantenvegetaties in uiterwaardplassen?
- welke factoren sturen de vegetatieontwikkeling in deze plassen?
- welke keuzes moeten bij de inrichting van uiterwaarden worden gemaakt?
- wat zijn geschikte locaties voor herstel in relatie tot de riviertak, gradiënten in stroomafwaartse richting binnen riviertakken, vrij afstromend versus gestuwd, en overstromingsduur?
- hoe kunnen de ecologische waarden van laagdynamische plassen worden versterkt?

Het onderzoeksgebied omvat de Bovenrijn, de Waal, de IJssel, het Pannerdens Kanaal, de Nederrijn en Lek. Vrijwel het gehele onderzoeksgebied valt onder het KRW-type "Langzaam stromende rivieren op klei of zand" (R7); alleen het gedeelte van de Lek tussen Hagestein en Schoonhoven en de Waal stroomafwaarts van Zaltbommel behoren tot "Zoet getijdenwater" (KRW-type R8) (Van der Molen en Pot 2007). Dit hoofdstuk gaat over plassen die in het winterbed van de Nederlandse Rijntakken zijn gelegen en niet permanent met de rivier verbonden zijn.

In de jaren 1999 – 2010 zijn in totaal circa 400 geïsoleerde plassen bemonsterd. Hierdoor is een uitgebreid overzicht verkregen van de verschillen in vegetatiesamenstelling tussen plassen. Eveneens is in deze periode een set van 70 plassen jaarlijks onderzocht, waardoor ook de temporele variatie in beeld is gebracht. In een multidisciplinaire aanpak zijn relaties gelegd tussen de samenstelling van vegetatiegemeenschappen en factoren die door locatiekeuze en inrichting van uiterwaarden 'gestuurd' kunnen worden, zoals de vormgeving van de plassen, overstromingsduur door de rivier en grondwatergestuurde peilfluctuaties. Op basis van deze informatie zijn richtlijnen opgesteld voor behoud en herstel van laagdynamische plassen in uiterwaarden langs de Rijn.

Waterplantrijke wateren vertegenwoordigen een belangrijk deel van de ecologische waarden van uiterwaarden langs laaglandrivieren. Dit geldt in het bijzonder voor plassen die zijn begroeid met uitgebreide vegetaties van ondergedoken waterplanten, drijfbladplanten en helofyten. Langs de Nederlandse rivieren komen dergelijke vegetaties nog vrij algemeen voor, maar in internationaal perspectief zijn deze minder algemeen. Hiernaast is diverse fauna afhankelijk van vegetatie; dit geldt bijvoorbeeld voor vele macrofaunasoorten, maar ook vissoorten als Grote modderkruiper en Kroeskarper, en amfibieën als de Kamsalamander (Creemers, 1994).

4.2 Huidige natuurwaarden voor vegetatie

Het grootste deel van de aangetroffen plantensoorten komt (vrij) algemeen in Nederland voor. Vegetaties met Glanzig fonteinkruid, Watergentiaan en Gele plomp groeien regelmatig in de uiterwaardplassen (Tabel 4.1). Ook soorten als Grof hoornblad en Smalle waterpest zijn algemeen, evenals verschillende smalbladige fonteinkruidsoorten. Het kranswier Gewoon kransblad treedt sterk op de voorgrond in plassen die regelmatig droogvallen, zoals in jonge plassen langs de Waal. In verschillende van deze plassen wordt deze soort vergezeld door het zeldzame Vertakt boomglanswier.

Er komen ook verschillende andere minder algemene soorten voor, zoals Groot blaasjeskruid, Waterviolier en Kransvederkruid. Deze soorten zijn kenmerkend voor stabiele en minder voedselrijke condities. Doorgaans zijn de huidige omstandigheden in het winterbed van de Rijn echter te eutroof en/of dynamisch voor deze soorten. Een recente nieuwkomer in de plassen is het (internationaal zeer zeldzame) Kleinhoofdig glanswier. Deze soort groeit vooral in plassen tussen de 30 – 100 jaar (Tabel 4.1).

In de geïsoleerde plassen langs de Nederlandse Rijntakken groeien twee Natura 2000 habitattypen, te weten “Meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden” (H3150) en “Kranswierwateren” (H3140). In de Rijnuitwaarden heeft het habitatype H3150 betrekking op vegetaties van Glanzig fonteinkruid en Gewoon blaasjeskruid; de soort Krabbenscheer zelf is – behoudens een kleine groeiplaats langs de IJssel – geheel verdwenen uit het winterbed. Op grond van verschillen in milieuvoorkeur en ruimtelijke verspreiding kan dit habitatype in twee subtypen gesplitst worden. Het eerste subtype bestaat uit vegetaties die gedomineerd worden door Glanzig fonteinkruid en komt vooral langs de Waal en IJssel voor. Deze plassen hebben een klein oppervlak (< 2 ha), een lage overstromingsduur (< 20 dagen per jaar) en gemiddelde peilfluctuaties, waardoor alleen in jaren met beduidend lagere rivierpeilen droogval optreedt. Het tweede subtype bestaat uit vegetaties van Groot blaasjeskruid, Kransvederkruid en Waterviolier; deze vegetaties concentreren zich langs de Nederrijn en Lek. Deze soorten beperken zich vaak tot kleine poelen (oppervlak < 1 ha) en sloten met een zeer lage overstromingsduur (< 2 dagen per jaar) en vallen zelden of nooit droog,

Het andere habitatype dat in geïsoleerde uiterwaardplassen voorkomt betreft Kranswierwateren (H3140), en bestaat uit uitgebreide vegetaties van Sterkranswier. Dit habitatype is nu slechts in één diepe zandwinput (in de Middelwaard nabij Vianen) aangetroffen.

4.3 Sturende factoren voor vegetatieontwikkeling

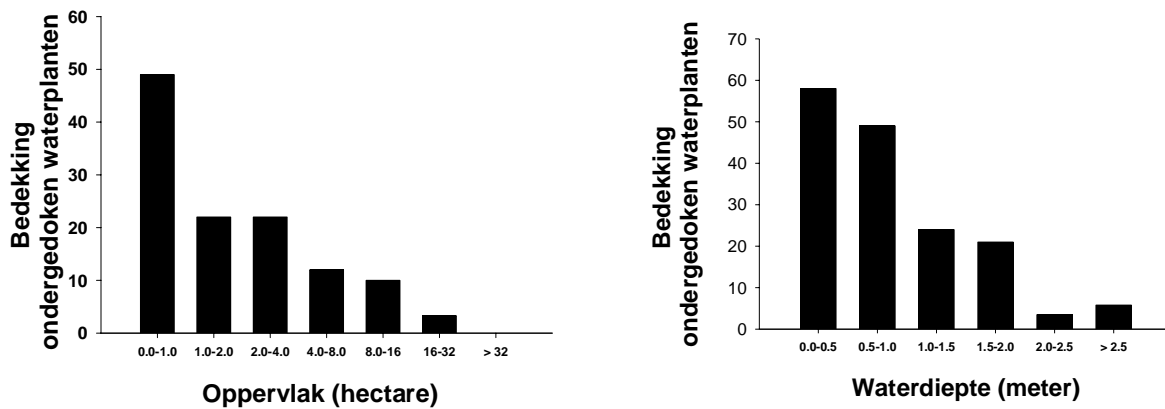
Voor het herstel van waterplantrijke systemen is het van belang om inzicht te hebben in de sturende factoren voor de vegetatieontwikkeling in uiterwaardplassen. Allereerst wordt ingegaan op het belang van de vormgeving van de plassen. Vervolgens worden de effecten van de hydrologie op de vegetatie toegelicht.

Tabel 4.1 Percentage voorkomen van vegetatietypen in plassen van verschillende leeftijdsklassen langs de Waal (W) en IJssel (IJ) (beide ongestuwd) en de gestuwde Nederrijn/Lek (NRL).

Leeftijdscategorie plassen (jaar)	0-29			30-100			> 100		
	W	IJ	NRL	W	IJ	NRL	W	IJ	NRL
Riviertak	17	4	16	25	30	24	24	46	29
Plassen (n)									
Grof hoornblad	0	0	0	0	10	4	4	17	7
Gewoon kransblad	35	0	6	0	7	4	4	7	0
Smalle waterpest	18	75	50	4	27	50	8	15	14
Kleinhoofdig glanswier	6	0	0	4	7	8	0	2	0
Gele plomp	0	0	0	36	27	0	50	39	45
Watergentiaan	18	0	0	32	23	4	50	37	7
Veenwortel	24	0	0	8	7	0	8	7	0
Glanzig fonteinkruid	18	0	6	28	20	4	38	15	21
Schedefonteinkruid	18	0	6	28	13	21	17	9	14
Tenger/Haarfonteinkruid	35	50	31	16	17	17	13	11	21
Gewoon blaasjeskruid	0	0	6	0	0	4	4	0	14

Belang van vormgeving van de plassen

De vormgeving van de plassen heeft een grote invloed de bedekking van waterplanten. Wanneer de gemiddelde waterdiepte van een plas groter is dan 2 meter, dan zijn waterplanten vrijwel altijd afwezig. Een plas moet in mei niet dieper zijn dan 1,5 tot 2 meter; hiernaast dienen veel ondiepe zones aanwezig te zijn. Naast diepte heeft het oppervlak ook een grote invloed. In grotere plassen (> 1-2 ha) komen minder ondergedoken waterplanten voor dan in kleine plassen (< 1 ha) (Figuur 4.1), ook wanneer deze plassen eenzelfde diepte hebben (Van Geest *et al.*, 2002). Eén van de redenen is de wind, die in grotere plassen makkelijk vat krijgt op de slibbodem, waardoor sediment wordt geresuspendeerd. Hierdoor wordt het water troebel en zijn ondergedoken waterplanten afwezig. Daarentegen zijn soorten met drijfbladeren, zoals Gele plomp en Watergentiaan, niet afhankelijk van helder water en komen ook in grotere, troebele plassen voor. Voorts speelt de oeverlengte en hellingshoek van de oever een belangrijke rol. Juist ondiepe oeverzones bevatten het hoogste aantal soorten, en naarmate het areaal van deze oevers groter is (door een langere oeverlijn en/of flauwere hellingshoek), neemt ook de soortenrijkdom van de plas toe.

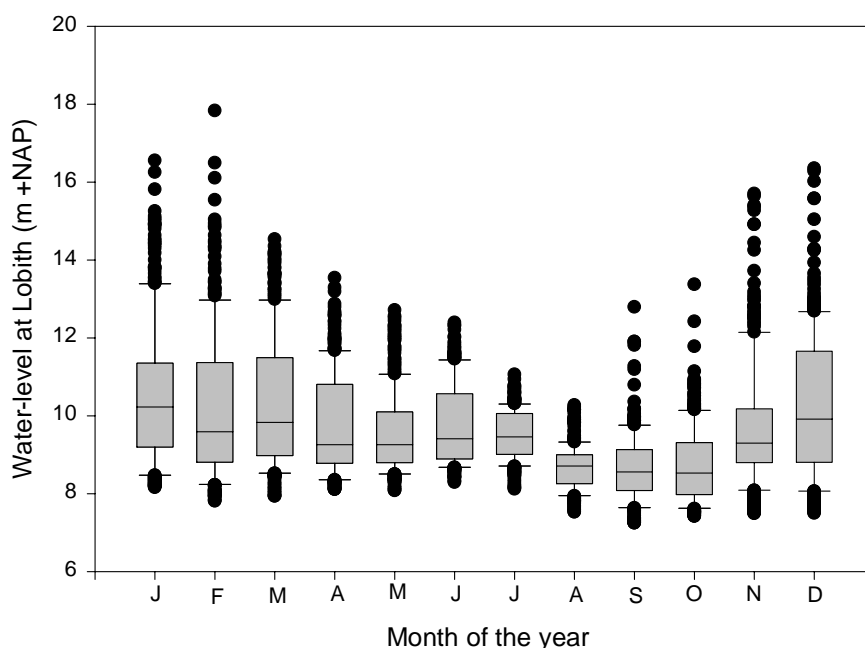


Figuur 4.1 Bedekking van ondergedoken waterplanten in relatie tot het oppervlak en de gemiddelde waterdiepte van de plassen.

Het belang van de vormgeving van de plassen is zichtbaar in de vegetatieontwikkeling van geïsoleerde plassen die de afgelopen twee decennia tijdens rivierherstelprojecten zijn aangelegd. Veel van deze plassen werden na aanleg direct gekoloniseerd door pioniersoorten als Gewoon kransblad, Smalle waterpest of Tenger fonteinkruid. Enkele jaren na aanleg waren veel van deze ondergedoken vegetaties weer verdwenen. Eén van de mogelijke verklaringen hiervoor is het oppervlak van de betreffende plassen: veel van deze plassen waren groter dan 2-3 hectare, wat de kans op stabiele waterplantenvegetaties aanzienlijk verkleint.

Effect van peilfluctuaties

De Rijn kenmerkt zich door hoge waterpeilen tijdens de wintermaanden en het vroege voorjaar, en lagere waterpeilen tijdens het zomerseizoen (Figuur 4.2). Overstromingen van de uiterwaarden treden hierdoor voornamelijk tijdens de wintermaanden op. In de loop van de zomer daalt het waterpeil in de rivier, en veelal bereikt de rivier zijn laagste waterpeil in de periode augustus – oktober. In de volgende paragrafen wordt de invloed van zowel overstromingen als lage rivierpeilen nader toegelicht.



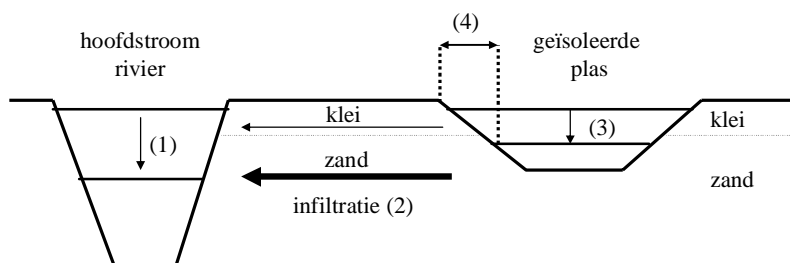
Figuur 4.2 Maandelijks waterpeil van de Rijn nabij Lobith in de jaren 1990 – 1999. Elke box vertegenwoordigt de mediaan en de 5, 25, 75 en 95 percentiel waarden. De punten indiceren individuele waterpeil metingen die lager of hoger zijn dan resp. de 5 en 95 percentiel waarden.

Rivieroverstromingen

Rivieroverstromingen spelen een belangrijke rol voor de ontwikkeling van waterplanten in uiterwaardplassen. Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat een toenemende overstromingsduur negatief uitpakt voor de bedekking en soortdiversiteit van waterplanten in uiterwaardplassen (Van den Brink, 1994). Tijdens rivieroverstromingen worden nutriënten en slib aangevoerd, waardoor de helderheid van het water afneemt en condities voor waterplantengroei verslechteren. In het algemeen neemt de bedekking en soortenrijkdom van waterplantenvegetaties sterk af bij een gemiddelde overstromingsduur van meer dan 20 dagen per jaar. Voor enkele kritische vegetatietypen voor minder voedselrijke omstandigheden ligt deze grens zelfs bij < 2 dagen per jaar (zie beneden). Opvallend is dat de drempelwaarde van 20 dagen overstromingsduur per jaar ook – onafhankelijk van deze studie – is vastgesteld door Van den Brink (1994) en Janse (1986).

Lage rivierpeilen

Naast rivieroverstromingen kan de vegetatiesamenstelling in uiterwaardplassen sterk beïnvloed worden door lage rivierpeilen (Figuur 4.3). Wanneer een plas niet in direct contact staat met de hoofdstroom van de rivier, kunnen fluctuaties van het rivierpeil via het grondwater doorwerken in het peilverloop van uiterwaardplassen. Doorslaggevend hierbij is de weerstand van de bodem voor grondwatertransport. De bodemsamenstelling is hierbij van groot belang: in plassen met een zandbodem fluctueert het waterpeil sterker met de rivier mee dan in plassen met een (veel slechter doorlatende) kleibodem. Ook de afstand tot de rivier speelt een belangrijke rol: naarmate een plas dichterbij de rivier ligt, ondervindt het grondwatertransport minder weerstand en reageert het waterpeil in de plas sneller op het rivierpeil.



Figuur 4.3 Transportroutes voor grondwaterstroming tussen een geïsoleerde uiterwaardplas en de hoofdstroom van de rivier bij lage rivierwaterstanden. Tijdens lage waterpeilen in de rivier (1), infiltreert er water vanuit de plas naar de rivier (2), wat resulteert in een peildaling van de plas (3), en die – afhankelijk van het diepteprofiel van de plas – tot (gedeeltelijke) droogval kan leiden (4). De doorlatendheid van fijn zand is ongeveer 10.000 - 50.000 maal hoger dan van klei.

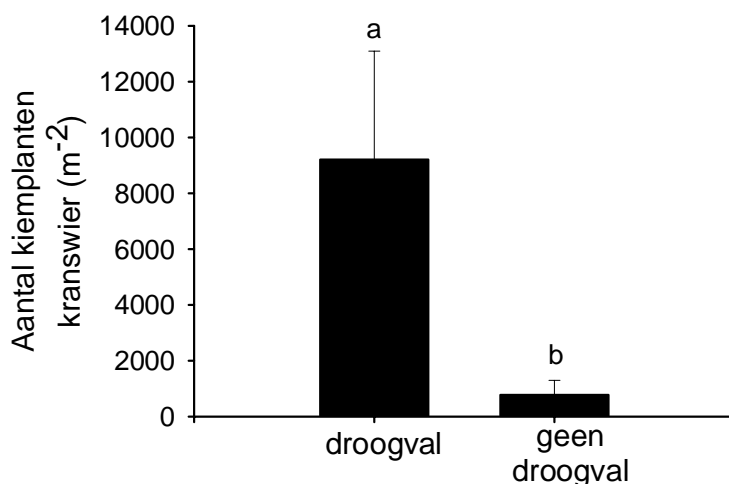
De bodemsamenstelling in de plas wordt sterk beïnvloed door aanvoer van kleideeltjes tijdens overstromingen. Bij iedere overstroming sedimenteren deze kleideeltjes. Deze accumuleren tezamen met organisch materiaal in het sediment van de plas, waardoor de doorlatendheid van de bodem vermindert, en de peildynamiek afneemt bij een toenemende ouderdom van de plas (Rostan et al. 1987; Schwarz et al. 1996); Wood & Armitage 1997).

Effect van lage rivierpeilen op vegetatiesuccessie

De afnemende peildynamiek in combinatie met de ouderdom van de plassen heeft een grote invloed op de vegetatiesuccessie. In jonge, regelmatig droogvallende plassen groeien soorten die grote peifluctuaties goed kunnen weerstaan, en waarvan de kieming van zaden juist gestimuleerd wordt door droogval. Voorbeelden van laatstgenoemde categorie zijn Watergentiaan en Gewoon kransblad. Op drooggevallen oevers kunnen kiemplanten van Watergentiaan massaal opslaan (zie Figuur 4.4), en ook de kieming van kranwier wordt duidelijk gestimuleerd door tijdelijke droogval in het voorgaande jaar (zie Figuur 4.5). Dit positieve effect van droogval treedt alleen op wanneer de vegetatie voldoende tijd heeft gehad om zich voort te planten, en droogval pas laat in het groeiseizoen plaatsvindt. Langs de Rijn is dit vrijwel altijd het geval, omdat de laagste rivierwaterstanden gedurende augustus – september optreden (zie Figuur 4.2).



Figuur 4.4 Bij lage rivierpeilen kunnen uiterwaardplassen droogvallen. Hierbij kunnen grote krimp-scheuren in de bodem ontstaan, en kan het sediment sterk inklinken. Deze droogval begunstigt de kieming van een aantal soorten waterplanten, zoals van Pijlkruid (linkerfoto) en Watergentiaan en Waterranonkel (rechterfoto).



*Figuur 4.5 Voor sommige soorten waterplanten heeft droogval een stimulerend effect op de kieming in het daaropvolgende jaar (wanneer de plas weer gevuld is met water). In onderstaande figuur is het aantal kiemplanten van Gewoon kranblad (*Chara vulgaris*) weergegeven. In de ene behandeling zijn bodemonsters (met zaden van deze soort) blootgesteld aan droogval, terwijl bij de controle-behandeling geen droogval is toegepast. In het daaropvolgende jaar is bij beide behandelingen het aantal kiemplanten geteld. Hieruit bleek dat droogval tot een beduidend hoger aantal kiemplanten van Gewoon kranblad leidt.*

Als plassen ouder zijn nemen de peilfluctuaties en kans op droogvallen af door accumulatie van slib en organisch materiaal in het sediment. In deze plassen kunnen droogtegevoelige soorten als Gele Plomp, Witte Waterlelie en Smalle waterpest op de voorgrond treden. De verschillen in droogtegevoeligheid blijken ook uit de kans op droogval van standplaatsen van deze soorten (Figuur 4.8).

Opvallend is dat een soort als Gele plomp zich pas laat in de successiereeks vestigt; deze soort bedekt vaak alleen grote delen van de plas wanneer deze ouder zijn dan 100 jaar (Tabel 4.1). Naast peilfluctuaties spelen echter ook andere factoren een rol bij vegetatiesuccessie. Zo zijn verschillen in dispersiecapaciteit tussen soorten van belang, evenals accumulatie van organisch materiaal in het sediment, waardoor de trofiegraad toeneemt en eigenschappen van het sediment veranderen (Carpenter, 1981).

Verschillen tussen riviertakken

Tussen de riviertakken zijn grote verschillen in peilregime (Figuur 4.6). De Bovenrijn en de Waal zijn de meest dynamische trajecten. Op het punt waar de Rijn Nederland binnenstroomt (Lobith), treden grote verschillen in fluctuaties op tijdens het groeiseizoen. Ook in de bovenloop van de IJssel komen forse peilfluctuaties voor, al zijn deze geringer dan langs de Waal. Deze fluctuaties van het rivierpeil kunnen tot droogval van plassen leiden (Figuur 4.7). Daarentegen is het waterpeil langs de Neder-Rijn en Lek gereguleerd door drie stuwen, die gesloten worden bij lage afvoeren van de Rijn. De stuwen beïnvloeden uitsluitend de lage rivierpeilen en hebben geen invloed op het overstromingsregime van de uiterwaarden langs de Nederrijn en Lek. Zodoende is het natuurlijke peilregime – met periodiek lage rivierpeilen – vervangen door een stabiel en hoger waterpeil (Figuur 4.6). Hierdoor komen in deze Rijntak en aangrenzende uiterwaardplassen nauwelijks perioden met laagwater en droogval voor (Figuur 4.7).

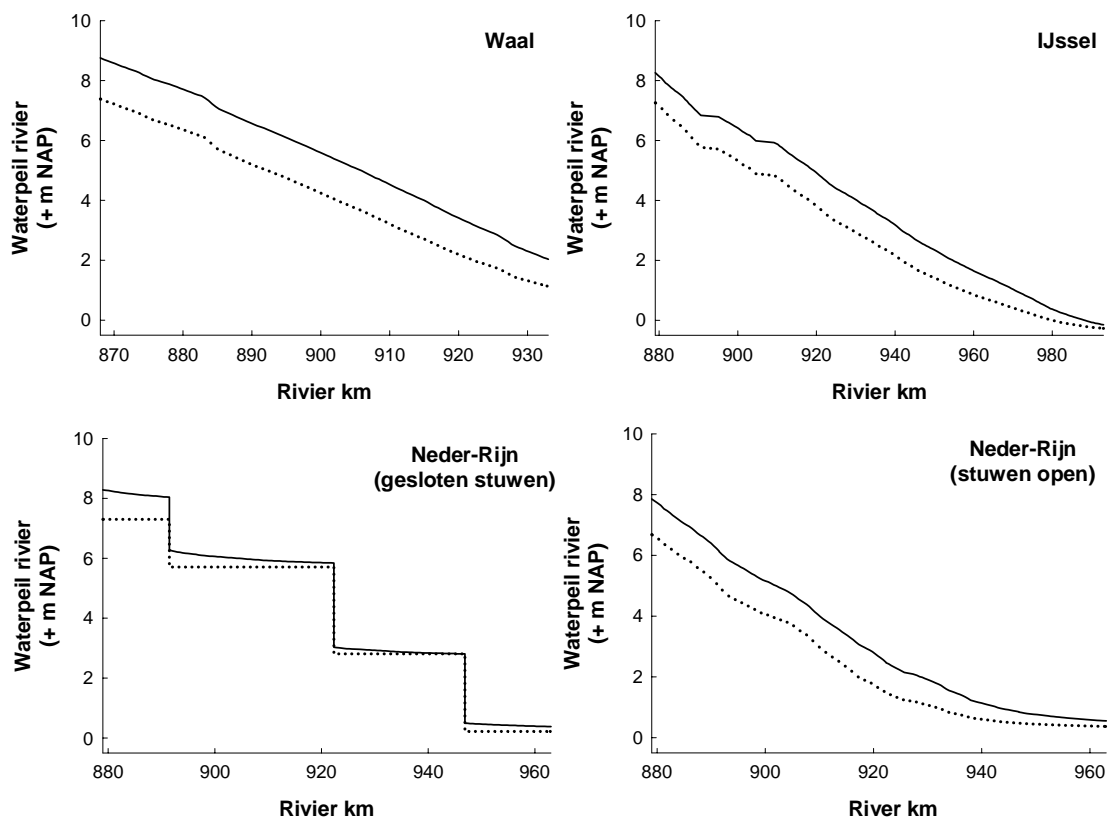
De afwezigheid van peildynamiek langs de Nederrijn en Lek in combinatie met de aanvoer van voedselarm grondwater vanuit de stuwwallen hebben een duidelijke invloed op de vegetatiesamenstelling. Hier groeien minder soorten die kenmerkend zijn voor periodieke droogval, zoals Gewoon kransblad, Watergentiaan en Veenwortel (Tabel 4.1). Daarentegen biedt deze gestuwde riviertak wel de beste mogelijkheden voor zeldzamere soorten van matig voedselrijke en stabiele waterpeilcondities, zoals Groot blaasjeskruid, Waterviolier en Kransvederkruid. Deze soorten zijn hier vrijwel beperkt tot kleine strangen, kleiputten en sloten die maar zeer weinig door de rivier worden overstroomd (< 2 dagen/jaar).

Geïsoleerde wateren:

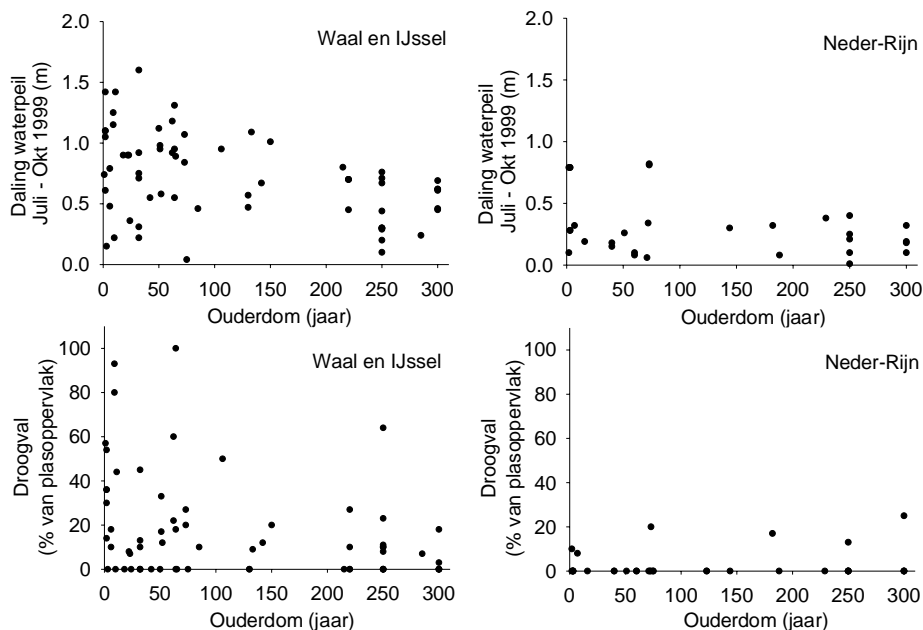
Voor de inrichting van de uiterwaarden is het van belang dat de vegetatiekundige waarden van plassen op voorhand bekend is. Deze waarden zijn in de volgende criteria uit te drukken:

- de aanwezigheid van N2000 habitattypen;
- de waarde volgens de KRW;
- de nationale bedreigdheid van de aangetroffen vegetatietypen;
- de herstelmogelijkheden van de milieucondities van de vegetatiegemeenschappen;
- de tijd en successie, die nodig is om het betreffende vegetatietype in een nieuw aangelegde plas tot ontwikkeling te laten komen.

Het habitatype "Meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden" is in totaal in circa 70 plassen vastgesteld. Het aantal plassen dat voor als 'waardevol voor de KRW' is gekenmerkt, bedraagt circa 200. In de geïsoleerde plassen komen negen (potentieel) bedreigde vegetatietypen voor (Tabel 4.2). Herstel van milieucondities is voor veel van deze vegetatietypen moeilijk, en is in veel gevallen niet op de korte termijn mogelijk. Voorts valt op dat veel vegetatietypen van oudere successiestadia pas laat tot dominantie komen in de plassen (Tabel 4.1). Zo domineren Gele plomp en verschillende helofytensoorten pas wanneer de plassen (beduidend) ouder zijn dan 100 jaar. Dit veronderstelt dat deze vegetaties een lange hersteltijd vragen wanneer deze verdwijnen bij herinrichting van uiterwaarden. Gezien deze lange ontwikkelingstijd moet dus voorzichtig worden omgesprongen met oude plassen die in een ver gevorderd stadium van verlanding zijn.



Figuur 4.6 Het gemiddelde en de minimum waterpeilen (+ m boven NAP) in de Waal, IJssel en Nederrijn/Lek voor de periode mei – okt 1990 – 1999. Voor de Nederrijn wordt ook het gemiddelde en de minimum waarden getoond voor de hypothetisch ongestuwde situatie (data gebaseerd op het waterkwantiteitsmodel SOBEK, RIZA, Lelystad). De peilvariatie neemt in stroomafwaartse richting af en is veel geringer in de gestuwde Nederrijn en Lek.



Figuur 4.7 Daling van het waterpeil (boven; tussen juli – oktober 1999) en het drooggevallen areaal van de plassen (onder; oktober 1999) in relatie tot de ouderdom van de plassen langs de ongestuwde Waal en IJssel en langs de gestuwde Nederrijn/Lek.

Een ander belangrijk aandachtspunt is het effect van inrichtingsmaatregelen op de overstromingsduur van uiterwaarden. Het belang van een lage overstromingsduur blijkt uit het feit dat een groot deel van de plassen met Natura 2000 gemeenschappen (H3140 en H3150) en 'waardevolle KRW'-plassen zijn aangetroffen in uiterwaardplassen met een overstromingsduur van minder dan 20 dagen per jaar. Voor vegetaties met Groot blaasjeskruid, Waterviolier en Kransvederkruid is zelfs een overstromingsduur van minder dan 2 dagen per jaar vereist. Plassen met een lage overstromingsduur bezitten ook een meer constante vegetatiebedekking door de jaren heen, en leveren hierdoor een stabiel leefmilieu voor andere organismen die afhankelijk zijn van waterplantrijke systemen (Grift *et al.* 2001, Van den Brink, 1994; Creemers, 1994). Dit speelt een rol voor diverse macrofauna-soorten, vissen en amfibieën.

Voor de aanleg van plassen in regelmatig overstroomde uiterwaarden (> 20 dagen per jaar) wordt voorgesteld om deze regelmatig te laten droogvallen (> 50% van het plasoppervlak). Hiernaast kan de waterplantengroei gestimuleerd worden door een geringere waterdiepte van deze plassen (max. waterdiepte in mei < 1 – 1,5 meter). De drooggevallen delen van deze plassen vormen ook een optimale groeiplaats voor het N2000 habitatype Slikgroe rivieroever (H3270), wat gekenmerkt wordt door riviersoorten als Slikgroe (*Limosella aquatica*), Bruin cypergras (*Cyperus fuscus*) en Liggende ganzerik (*Potentilla supina*).

Speciale aandacht wordt gevraagd aan de inrichting van uiterwaarden langs de Nederrijn en Lek. Deze hebben veelal lage overstromingsduurklasse (< 2 dagen per jaar) en worden deels beïnvloed door voedselarm kwelwater vanuit het Veluwemassief en Utrechtse heuvelrug. Het is van belang deze beide stuurfactoren zo goed mogelijk te benutten. Met detailinrichting valt hier veel te bereiken. Helaas zijn de afgelopen jaren diverse grote plassen aangelegd waarbij soms kleine kwelplasjes zijn vergraven tot een grote plas. Hierdoor zijn kwelsoorten als Waterviolier verdwenen. De grote plassen veranderen vaak in troebel water of een relatief oninteressante vegetaties met dominantie van Smalle waterpest.

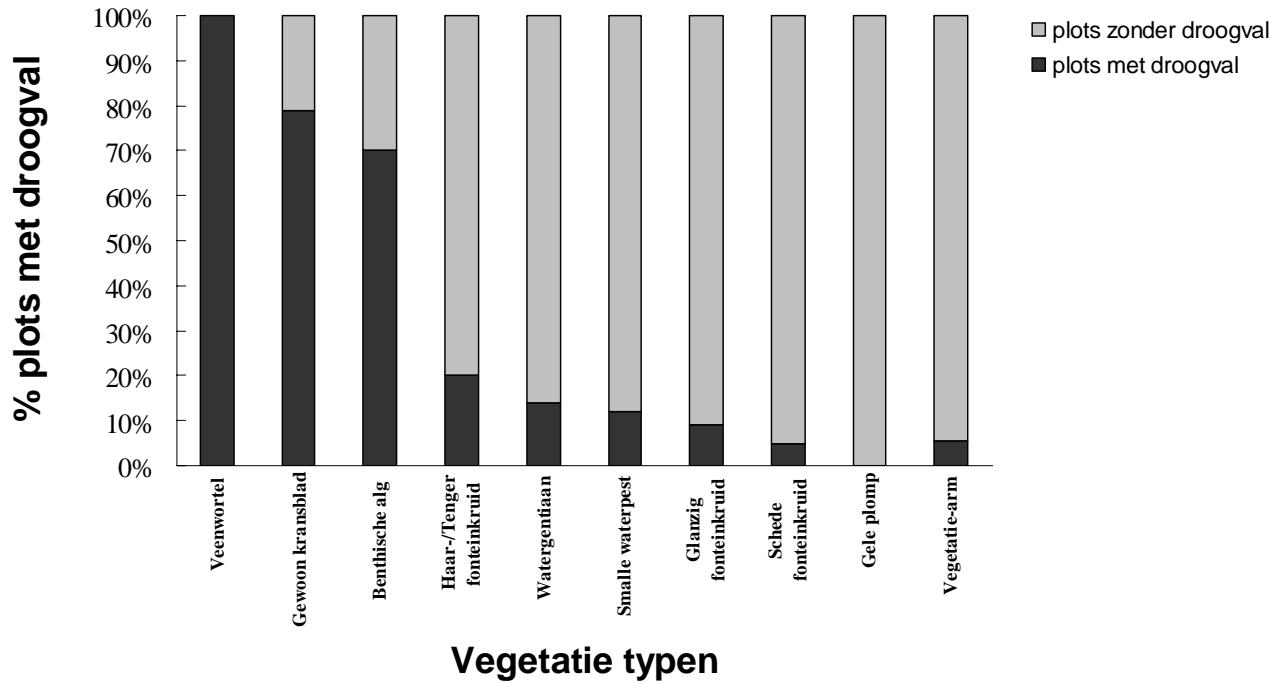
Het is van belang de kwel af te vangen via kleine poeltjes en plas-dras situaties waar interessante vegetatiegemeenschappen zich kunnen vestigen. Bij een sterke kweldruk kan dit water alsnog worden doorgeleid naar een grotere plas.

De waarden van diepe zandwinputten

Opmerkelijk genoeg werd in een diepe geïsoleerde zandwinput nabij Vianen uitgebreide vegetaties van het zeldzame Sterkranswier vastgesteld, waarmee deze vegetatie tot het habitatype Kranswierwateren (H3140) behoort. Dit betrof in een grote diepe plas in een uiterwaard met een zeer lage overstromingsduur (< 2 dagen per jaar). Ook in andere geïsoleerde zandwinputten in het rivierengebied (met een overstromingsduur van minder dan 20 dagen/jaar) zijn kranswervegetaties (van algemenere soorten) aangetroffen. Vestiging van Sterkranswier lijkt hier in de toekomst ook mogelijk. In tegenstelling tot kleine ondiepe plassen kunnen grote zandwinputten wel helder blijven bij een groter plasoppervlak. Door de grote diepte van deze plassen heeft de wind geen vat op de bodem. Bovendien ontstaat door temperatuurstratificatie een spronglaag in het water, waardoor nutriënten in het diepe deel van de plas accumuleren, en de bovenlaag van de plas voedselarm (en bijgevolg helder) blijft. Aan diepe plassen is tot dusver weinig aandacht geschonken. Waarschijnlijk komen in diepe zandwinputten goed ontwikkelde waterplantenvegetaties voor wanneer deze niet zijn aangetakt aan de hoofdstroom van de rivier en een lage overstromingsfrequentie hebben (< 20 dagen per jaar). Ook het diepteprofiel en bodemtype zal een belangrijke rol spelen, dit zal toekomstig onderzoek echter moeten uitwijzen.

Tabel 4.2 Mate van bedreigheid, herstelbaarheid van milieucondities (Weeda et al., 2000) en de ontwikkelingstijd (gebaseerd op huidig voorkomen, op basis van dezelfde gegevens als Tabel 4.1), die nodig is voor terugkeer van plantengemeenschappen in Rijnuitervwaarden.

Associatie van ...	Bedreigheid	N2000 habitattypen	Herstelbaarheid milieucondities	Ontwikkelingstijd (jaar)
Groot nimfkruid	bedreigd		nauwelijks	onbekend
Sterkranswier	potentieel	H3140	nauwelijks	onbekend
Kleinhoofdig glanswier	potentieel	H3150	nauwelijks	> 30
Krabbenscheer	potentieel	H3150	moeilijk	niet mogelijk
Stomp fonteinkruid	potentieel		moeilijk	> 100
Waterviolier en Kransvederkruid	potentieel		moeilijk	> 50
Waterviolier en Sterrenkroos	potentieel		moeilijk	> 50?
Lidsteng	potentieel		moeilijk	> 30
Mattenbies	potentieel		moeilijk	> 100
Gewoon kransblad	niet		eenvoudig	< 5
Glanzig fonteinkruid	niet	H3150	moeilijk	> 30
Witte waterlelie en Gele plomp	niet		moeilijk	> 100
Watergentiaan	niet		moeilijk	> 30
Groot blaasjeskruid	niet	H3150	moeilijk	onbekend
Paarbladig fonteinkruid	niet		nauwelijks	< 5
Stijve waterranonkel	niet		eenvoudig	< 5
Watertorkruid	niet		eenvoudig	> 30
Egelskop en Pijlkruid	niet		eenvoudig	< 5
Heen en Grote waterweegbree	niet		moeilijk	> 100
Riet	niet		eenvoudig	< 10
Scherpe zegge	niet		moeilijk	> 100



Figuur 4.8 Voorkomen van de belangrijkste vegetatietypen in de bemonsterde plots in 100 uiterwaardplassen (tijdstip bemonstering vegetatie: juli 1999) in relatie tot het optreden van droogval van de plots in oktober 1999.

5 Afleiding rekenregels voor de KRW-tool

In dit hoofdstuk wordt de afleiding van de rekenregels beschreven voor de KRW-tool waterplanten Rijn. Deze tool geeft een indicatie van de kansen voor waterplanten in verschillende watertypen langs de Nederlandse Rijntakken. Dit betreft de kansen voor ondergedoken en drijfbladplanten (nymphaeiden) in resp. de hoofdstroom, nevengeul, eenzijdig aangetakte plassen en geïsoleerde plassen. Ook zijn rekenregels opgenomen voor enkele kenmerkende riviersoorten. Voor elk van deze watertypen moeten verschillende modellen afgeleid worden, die ieder hun eigen invoervariabelen nodig hebben.

Om hier meer duidelijkheid over te krijgen, is de afleiding van de rekenregels aan de hand van de volgende stappen uitgevoerd. Allereerst is een overzicht gemaakt van relevante stuurvariabelen voor waterplanten langs rivieren. In een volgende stap zijn de rekenregels afgeleid en geïmplementeerd in de KRW-tool. In bijlage A bevindt zich de handleiding voor de KRW-tool.

5.1 Motivatie en keuze van stuurvariabelen in het model

Voor het afleiden van rekenregels is het noodzakelijk dat er een overzicht wordt gemaakt van relevante stuurvariabelen voor de vegetatie. De betekenis van het begrip 'sturend' is hierbij tweeledig. Enerzijds gaat het om factoren die een directe invloed hebben op de vegetatieontwikkeling: de zogeheten 'causale' factoren voor vegetatiegroei. Anderzijds heeft dit ook betrekking op factoren die door inrichting gestuurd kunnen worden. Bij voorkeur worden in de modellen die variabelen gebruikt die zowel een directe invloed op de vegetatie hebben, als ook door inrichting gestuurd kunnen worden. Bij de keuzes van de variabelen is duidelijk rekening gehouden met de beschikbaarheid van data. In dit hoofdstuk worden alleen de belangrijkste sturende variabelen genoemd waarvan voldoende data beschikbaar zijn, en die relevant zijn voor de bouw van de KRW-tool. Voor een gedetailleerdere beschrijving van de sturende factoren voor vegetatie wordt verwezen naar hoofdstuk 3 en 4.

Onderstaand wordt besproken welke keuzes en aannames zijn gemaakt ten aanzien van de stuurvariabelen.

Bij het opstellen van de rekenregels zijn de watertypen gegroepeerd in:

1. rivier en aangetakte wateren (hoofdstroom, nevengeul, eenzijdig aangetakte strangen en plassen);
2. geïsoleerde plassen.

Onderstaand worden deze twee groepen watertypen besproken.

5.1.1 Hoofdstroom en aangetakte wateren

Voor waterplantenvegetaties in de hoofdstroom en aangetakte wateren spelen de volgende variabelen een grote rol: peilregime van de rivier, de waterdiepte, doorzicht van het water, stroomsnelheid, bodemtype, golfslag en waterbeweging ten gevolge van scheepvaart (Haslam, 1987).

Het peilregime van de rivier speelt een doorslaggevende rol voor de waterplantenontwikkeling in de Rijn. Wanneer de peilfluctuaties te extreem zijn, dan kunnen waterplanten zich niet vestigen en/of handhaven. Voor ondergedoken vegetatie zijn vooral de condities tijdens de start van het groeiseizoen van belang. Wanneer onvoldoende licht tot op de bodem doordringt, dan blijft waterplantengroei achterwege.

Uit onderzoek van Van Schie (2009) en veldwaarnemingen blijkt dat de vegetatie in de hoofdstroom in de maand mei op gang komt. Het uiteindelijke effect van het waterpeil hangt natuurlijk sterk af van de diepte op de betreffende locatie. Om deze reden zijn zowel het waterpeil in mei als het diepteprofiel belangrijke stuurfactoren voor waterplantengroei.

Voorts is het van groot belang dat er in de ondiepe oeverzones voldoende lang water aanwezig is voor waterplantengroei. Met name in de stroomopwaartse delen van de Rijn is er tegenwoordig een duidelijke peildaling tussen mei en juli, waardoor grote delen van de ondiepe oevers al in deze maanden droogvallen, en daardoor ongeschikt zijn voor waterplantengroei. In dit project is aangenomen dat een locatie gedurende minimaal de eerste drie maanden van het groeiseizoen (mei t/m juli) water moet bevatten voor succesvolle vestiging, overleving en/of uitbreiding van waterplanten.

Tot slot speelt ook de diepte van de locatie aan het einde van het groeiseizoen een grote rol. Sommige soorten zijn namelijk gevoelig voor droogval, terwijl de kieming en groei van andere soorten hierdoor juist gestimuleerd wordt. Hiervoor is het gemiddelde waterpeil in oktober aangehouden, aangezien dit de periode is dat het waterpeil in de Rijn het laagst is. De waterdiepte in oktober van de vegetatieopnames kan berekend worden aan de hand van de waterdiepte ten tijde van de bemonstering en gegevens over het peilverloop van de rivier.

Naast het waterpeil speelt ook de helderheid van het water een grote rol. Immers, bij een beter doorzicht kunnen waterplanten zich op grotere diepte vestigen. Van het doorzicht zijn echter veel minder gegevens voorhanden; van de jaren vijftig uit voorgaande eeuw zijn zelfs geheel geen data bekend. Om deze reden wordt in eerste instantie gewerkt met het waterpeil. Voor zover data beschikbaar zijn, zal ook gekeken worden in hoeverre relaties kunnen worden getrokken tussen vegetatiebedekking en de ratio doorzicht/waterdiepte (in mei). Deze ratio van doorzicht en waterdiepte is een maatstaf voor de hoeveelheid licht die tijdens de start van het groeiseizoen op de bodem doordringt. Als vuistregel wordt aangehouden dat waterplantengroei mogelijk is bij een waterdiepte kleiner of gelijk aan tweemaal het doorzicht. Hierbij is het doorzicht gemeten als Secchi-diepte.

De stroomsnelheid van het water is eveneens een belangrijke factor voor waterplantengroei. Voor dit project wordt aangenomen dat binnen de kribvakken van de hoofdstroom en in aangetakte wateren voldoende stroomluwe locaties aanwezig zijn waar waterplantengroei mogelijk is, wat door veldwaarnemingen wordt bevestigd. Bijgevolg doet de KRW-tool waterplanten Rijn uitspraken over het voorkomen van waterplanten op stroomluwe locaties. Binnen dit project is deze variabele niet als stuurparameter meegenomen. Wat betreft de bodemsamenstelling worden verschillen in vegetatiebedekking en –samenstelling geëvalueerd tussen ‘nevengelen op zand’ en ‘nevengelen op klei’.

De effecten van de golfwerking door scheepvaart zijn niet in dit project betrokken. Naast peilfluctuaties zal scheepvaart ook een grote invloed op de vegetatie hebben. Langs veel oevers van de grote rivieren is de sedimentdynamiek naar verwachting zo groot, dat geen waterplantengroei mogelijk is. Mogelijk dat het effect van scheepvaart in latere studies kan worden bepaald.

Samenvattend: voor de KRW-tool zijn voor de hoofdstroom, nevengelen en eenzijdig aangetakte wateren de volgende variabelen meegenomen in het model:

- Waterdiepte in mei. Dit bepaalt hoeveel licht er op de bodem doorkomt.
- Peildaling tussen mei en juli. Op een bepaalde locatie moet tenminste drie maanden water staan voor succesvolle vestiging, overleving en uitbreiding van waterplanten.

- Waterdiepte in oktober: dit bepaalt de kans op droogval aan het einde van het groeiseizoen.

5.1.2 Geïsoleerde plassen

In geïsoleerde uiterwaardplassen kunnen een groot aantal variabelen van invloed zijn op de vegetatie-ontwikkeling. De belangrijkste factoren hierbij zijn de peildynamiek van de rivier, de vormgeving van de plassen (oppervlak, diepteprofiel) en de ouderdom (Van den Brink, 1994; Van Geest, 2005a,b).

Peildynamiek van de plas

Voor de KRW-tool dient het effect van de peildynamiek van de rivier op het peilregime van een uiterwaardplas goed beschreven te worden. Uit voorgaande onderzoeken blijkt dat het waterpeil in een geïsoleerde uiterwaardplas sterk gestuurd wordt door overstromingen vanuit de rivier en door grondwaterstromingen bij een lagere rivierwaterstand (Wolters, 2002; Van Geest *et al.*, 2005b). De directe overstromingsfrequentie en –duur van de plas door de rivier wordt bepaald door de hoogte van de zomerkade of oeverwal. Als de rivierwaterstand hoger is dan de kruinhoogte van de zomerdijk, is de waterstand in de plas gelijk aan de waterstand in de rivier. Wanneer de rivierwaterstand lager is dan de kruinhoogte van de zomerdijk, is de waterstand in de plas afhankelijk van het waterstandsverschil tussen de plas en de rivier. Fluctuaties van het rivierpeil kunnen dan via het grondwater doorwerken in het peilverloop van uiterwaardplassen. Doorslaggevend hierbij is de weerstand van de bodem voor grondwatertransport. De bodemsamenstelling is hierbij van groot belang: in plassen met een zandbodem fluctueert het waterpeil sterker met de rivier mee dan in plassen met een (slechter doorlatende) kleibodem. Ook de afstand tot de rivier speelt een belangrijke rol: naarmate een plas dichterbij de rivier ligt, ondervindt het grondwatertransport minder weerstand en reageert het waterpeil in de plas sneller op het rivierpeil.

Vormgeving plas

De vormgeving van de plas kan eveneens een duidelijke invloed hebben op de vegetatiesamenstelling. Het diepteprofiel van de plas speelt hierbij een belangrijke rol. Allereerst is het onderscheid tussen ondiepe plassen en diepe (gestratificeerde) zandwinputten van belang. In deze studie worden alleen inrichtingsvoorstellen gegeven voor ondiepe plassen, aangezien de geplande KRW-maatregelen vrijwel alleen betrekking hebben op dit type plassen. Binnen ondiepe plassen (gemiddelde diepte < 3 meter) heeft het diepteprofiel nog steeds veel invloed. In een plas die te diep is aangelegd valt er onvoldoende licht op de bodem, waardoor geen waterplanten tot ontwikkeling kunnen komen. Naast de diepte is ook het plasoppervlak van belang. In grote plassen heeft de wind meer invloed, waardoor er meer slib wordt opgewerveld en het water troebeler is.

Naast oppervlak en diepte spelen ook de lengte van de oevers en de helling van het talud een rol. Verwacht wordt dat de soortenrijkdom toeneemt bij meer grillig gevormde oevers (resultierend in een grotere oeverlengte) en een flauwere helling van het talud (meer gradiënten bij peilfluctuaties).

Tot slot heeft vegetatiesuccessie een grote invloed op de vegetatiesamenstelling. Naarmate een plas ouder wordt, treden er duidelijke veranderingen op in de soortensamenstelling en –abundantie. Om deze reden is de ouderdom van de plas meegenomen als verklarende variabele voor de vegetatiesamenstelling.

Samenvattend: voor de beschrijving van het effect van de peildynamiek van de rivier op de overstromingsklasse en percentage droogval van de plas moeten de volgende data voorhanden zijn:

- peilfluctuaties van de rivier ter hoogte van de plas;
- kruinhoogte van de zomerkade of oeverwal;
- afstand van de plas tot de rivier;
- bodemtype van de plas.

Op basis van deze data worden de overstromingsduur-klasse en het percentage droogval van de plas berekend (zie paragraaf 5.2.).

Voor de beschrijving van het effect van de vormgeving van de plas op de vegetatie moeten tenminste de volgende data voorhanden zijn:

- overstromingsduurklasse;
- percentage droogval;
- gemiddelde diepte van de plas;
- oppervlak van de plas;
- ouderdom van de plas

5.2 Afleiding rekenregels

Onderstaand komen verschillende zaken aan bod die een rol spelen bij het opzetten van een data-gebaseerd model dat de kans op het voorkomen van waterplanten voorspelt. Een belangrijk vertrekpunt is de dataset zelf. In de eerste sectie zal de dataset kort worden beschreven. De daaropvolgende secties zijn gewijd aan de beantwoording van de vragen: wat wordt gemodelleerd (doelvariabele) en waarmee (verklarende variabelen). Tot slot wordt beschreven welke soorten modellen zijn overwogen en toegepast.

5.2.1 Dataset

Voor de ontwikkeling van de modellen is gebruik gemaakt van verschillende bronbestanden die zijn aangeleverd door Deltares en Rijkswaterstaat. In de Tabel 5.1 is een beschrijving gegeven van de inhoud van de gebruikte bestanden. De gegevens van waterplanten in de hoofdstroom en plassen zijn vanaf 1999 verzameld. Voor de plassen gaat het om 70 locaties en voor de hoofdstroom om 68 verschillende locaties.

Tabel 5.1 Bronbestanden.

bestand	omschrijving	leverancier
tabel_Willekeurige	berekening waterstand op basis van	RWS
verhanglijnen_Rijn18112010.xls	verhanglijn ten opzichte van Lobith	
WB	Data meetgegevens van ondergedoken en	Deltares
hoofdstroom_AbsDepth_Abundance.xls	drijvende en drie soorten waterplanten in hoofdstroom 1999-2010 (inclusief 2010)	
Abiotiek 70 plassen.xls	abiotische gegevens plassen	Deltares
data W+B 70 plassen 1999-2010 def 3.xls	meetgegevens van verschillende soorten waterplanten in de plassen in 1999-2010	Deltares
data WB subdrij.xls	meetgegevens van enkel ondergedoken en drijvende waterplanten in plassen 1999-2010	Deltares
Overstromingsklassen_031110.xls	categorisering van plassen in overstromingsklassen	Deltares
Lobith '80-31 aug'10.xls	waterstand bij Lobith 1980-2010	Deltares

5.2.2 Doelvariabelen

Voordat er kan worden gemodelleerd moet de vraag worden beantwoord wat er gemodelleerd gaat worden. Wat zijn de doelvariabelen?

Allereerst is er gekozen om in alle wateren te kijken naar de groepen ondergedoken en drijvende (nymphaeide) waterplanten. In geïsoleerde plassen zijn tevens gegevens verzameld van 28 verschillende soorten waterplanten. Tien van deze soorten worden in meer dan 10 van de 70 plassen aangetroffen; van deze soorten zijn eveneens modellen opgesteld.

De vegetatiesamenstelling in de plassen kan sterk variëren, ten gevolge van variaties in het peilregime. Voor de KRW-tool is ervoor gekozen deze variatie eruit te filteren door de vegetatiesamenstelling van elke plas over alle jaren te middelen. Hierdoor wordt een robuuster en meer 'gemiddeld' beeld van de vegetatiesamenstelling een plas gegeven dan wanneer de data van de afzonderlijke jaren in de analyse worden gebruikt.

Samenvattend: de doelvariabele die wordt gehanteerd is het bedekkingspercentage van drijvende en ondergedoken waterplanten als gemiddelde waarde van de data over de beschikbare jaren. Eenzelfde procedure is gehanteerd voor de tien meest algemene soorten waterplanten in geïsoleerde uiterwaardplassen.

5.2.3 Verklarende variabelen

Na keuze van de doelvariabelen moeten de verklarende variabelen worden bepaald. Op basis van ecologische kennis en de beschikbare gegevens is een keuze gemaakt voor een aantal verklarende variabelen (zie paragraaf 5.1. voor een onderbouwing van deze keuze). Tijdens het modelleren is een aantal variabelen afgevallen omdat deze niet significant bijdroegen of een te hoge correlatie bleken te hebben met andere variabelen. De variabelen die uiteindelijk zijn gebruikt verschillen per soort en per locatie. In de onderstaande tabel is weergegeven welke verklarende variabelen er in de modellen zijn opgenomen.

Tabel 5.2 Verklarende variabelen die in de modellen zijn gebruikt. De overstromingsduurklassen zijn nader toegelicht in tabel 5.3.

hoofdstroom en aangetakte wateren	plassen
Waterdiepte in mei (meter)	Gemiddelde diepte (peil in mei in meter)
Peilverschil juli-mei (meter)	Oppervlakte (hectare)
Peilverschil oktober-mei (meter)	Leeftijd (jaar)
	Droogvalpercentage (% van plasoppervlak)
	Overstromingsklasse (1-5)

Een aantal van de variabelen is niet direct beschikbaar en moet worden afgeleid uit andere gegevens. Dat wil zeggen dat de variabele moet worden berekend voor de locatie waar een plas of deel van een hoofdstroom zich bevindt. Dit betreffen de volgende variabelen:

- peildynamiek van de rivier:
 - op een locatie in de hoofdstroom of aangetakt water;
 - in een geïsoleerde uiterwaardplas;
- overstromingsklasse van een geïsoleerde plas;
- droogvalpercentage van een geïsoleerde plas;

Onderstaand wordt toegelicht welke gegevens hiervoor in de KRW-tool worden gebruikt.

Berekening peildynamiek in de rivier

De peildynamiek van de rivier op de betreffende locatie hangt af van de riviertak (Nederrijn/Waal/IJssel) en de rivierkilometer.

Als beide bekend zijn, kan het peil ter plaatse worden berekend op basis van het bekende peil van Lobith en de verhanglijn die door Rijkswaterstaat is aangeleverd. Waarden als de gemiddelde diepte in mei en de gemiddelde peildaling in de rivier in de periode mei-oktober kunnen uit de tijdreeks worden afgeleid.

Voor geïsoleerde plassen wordt aangenomen dat het gemiddelde waterpeil in de plas in mei gelijk is aan het gemiddelde waterpeil in de rivier ter hoogte van de betreffende plas. Ook in winters zonder overstromingen volgt het waterpeil in de plassen het rivierpeil door de toevoer van kwelwater via de bodem. Bovendien zijn veel sluizen in de zomerkade geopend in de wintermaanden, waardoor instroom van rivierwater mogelijk is.

De verhanglijn van Rijkswaterstaat heeft vanwege de riviermorfologie die voortdurend verandert een beperkte geldigheid in de tijd. De verklarende variabelen worden daarom berekend over de periode 2002-2009.

Berekening overstromingsduurklasse (geïsoleerde plas)

De overstromingsklasse hangt af van het gemiddelde aantal dagen per jaar dat een plas wordt overstroomd door de rivier. Als de hoogte van de drempel tussen de plas en de rivier is opgegeven (meestal de zomerkade), kan de overstromingsklasse worden berekend door het aantal dagen te tellen dat het rivierpeil hoger is dan de drempel. De indeling van de overstromingsklassen is als volgt:

Tabel 5.3 Indeling overstromingsklassen

klasse	overstromingsdagen per jaar
1	< 2
2	2-19
3	20-49
4	50-149
5	≥ 150

Op basis van de opgegeven hoogte van de zomerkade/drempel en het peil bij Lobith in de periode 2002-2009 is bepaald in welke overstromingsklasse de plas valt. Via de beslisboom is vervolgens vastgesteld in welke overstromingsduurklasse de plas hoort en welke waarde voor de doelvariabele daarbij hoort.

Berekening droogvalpercentage (geïsoleerde plas)

Voor het berekenen van het droogvalpercentage van een (nieuw aan te leggen) plas is een apart model gebouwd. Daarvoor zijn metingen uit 1999 gebruikt voor de waterdiepte en droogvalpercentages in een set van 100 uiterwaardplassen langs de Rijn. Een product-unit-network blijkt het best in staat droogval te voorspellen. Voor het model zijn de volgende variabelen gebruikt:

Tabel 5.4 Verklarende variabelen voor droogval

variabele	transformatie	in pun
afstand tot rivier (m)	$y = \log_{10}(x)$	s
zandbodem (1/0)	$y = x+0,5$	z
diepte plas in mei (m)	$y = x$	h
peildaling rivier mei-oktober (m)	$y = x$	d

De getransformeerde variabelen worden op de volgende manier omgerekend naar het droogvalpercentage:

$$pct = 0,001 - 0,474 d^{2,89} h^{-0,515} s^{-2,23} z^{1,13} + 0,554 d^{2,79} h^{-0,788} s^{-2} z^{1,12}$$

Het model heeft een verklarende variantie (R^2) van 0,64.

5.2.4 Modelkeuze

Voor het voorspellen van de aanwezigheid van waterplanten zijn verschillende modellen overwogen en getest. In de onderstaande tabel is een overzicht weergegeven met voor- en nadelen van de modelkeuzes.

Tabel 5.5 Beschrijving mogelijke modellen.

model	omschrijving	voordeel	nadeel
neuraal netwerk	black-box netwerk gebaseerd op gewogen sommen van inputs en transferfuncties; wordt getraind op basis van input-output combinaties	flexibel voorspellende kracht	veel vrijheidsgraden risico op overfitting niet interpreteerbaar
product unit netwerk	white-box netwerk gebaseerd op producten van inputs; wordt getraind op basis van input-output combinaties	interpreteerbaar te vereenvoudigen transporteerbaar	transformatie van variabelen nodig grote zoekruimte
regressieboom	indeling in categorieën op basis van gezamenlijke kenmerken	interpreteerbaar transporteerbaar	beperkt toepasbaar buiten brondataset

Er zijn twee afzonderlijke sets van rekenregels gemaakt: één voor vegetatie in de hoofdstroom, nevengeulen en eenzijdig aangetakte wateren, en één voor geïsoleerde uiterwaardplassen. Voor een definitie van deze watertypen wordt verwezen naar hoofdstuk 2.2. In dit hoofdstuk worden de rekenregels beschreven van drijvende en ondergedoken waterplanten, en van 4 plantensoorten in geïsoleerde plassen. Per model wordt kort aangegeven hoe het is geïmplementeerd in de KRW-tool.

Model hoofdstroom, nevengeulen en eenzijdig aangetakte wateren

Op basis van het conceptueel model en beschikbare data zijn drie variabelen gebruikt voor het voorspellen van drijvende en ondergedoken waterplanten, namelijk:

- het gemiddelde waterpeil in mei;
- het peilverschil van mei tot juli (gebaseerd op gemiddelde waterpeilen over mei en juli);
- peildaling van mei tot oktober (gebaseerd op gemiddelde waterpeilen over mei en oktober).

Via een gewogen gemiddelde is de optimale conditie voor de aanwezigheid van de hoofdgroepen bepaald. Het gewicht is daarbij gelijk gesteld aan het bedekkingspercentage. Als de methodiek wordt toegepast worden de volgende optimale condities geschat.

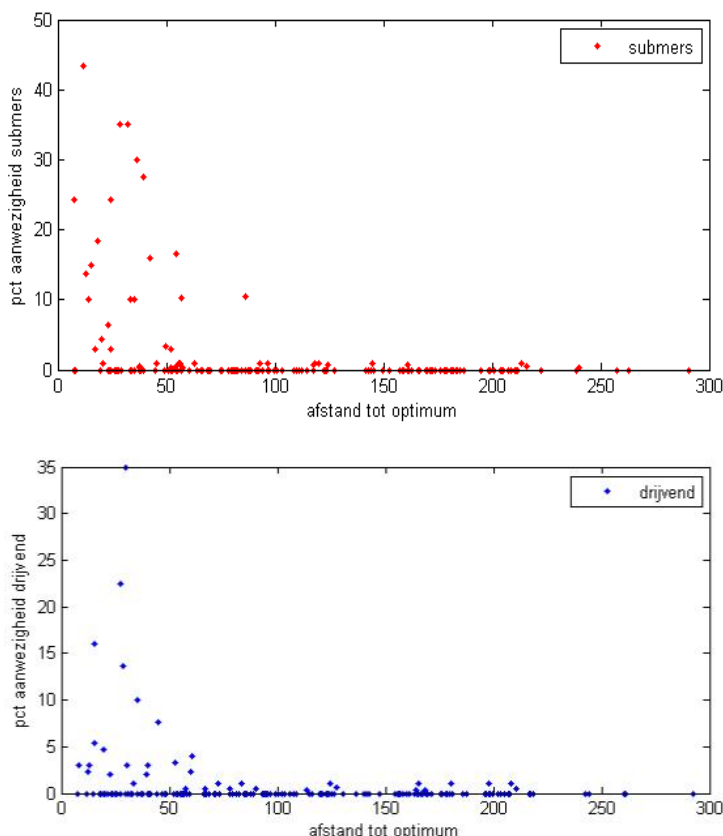
Tabel 5.6 Schatting optimale conditie voor de groei van waterplanten

soort	peil in mei (cm) (t.o.v. bodem)	peildaling mei-jul (cm)	peildaling mei-okt (cm)
ondergedoken	124	8	23
drijvend	123	1	24
Gele plomp (<i>Nuphar lutea</i>)	125	9	22
Rivierfonteinkruid (<i>P. nodosus</i>)	122	5	21
Schedefonteinkruid (<i>P. pectinatus</i>)	129	9	22

Als in acht wordt genomen dat de meetnauwkeurigheid waarschijnlijk in de orde van grootte van 5 cm ligt, dan ontlopen de berekende waarden elkaar niet veel. Behalve het peil van

Schedefonteinkruid (129 cm) liggen de waarden voor het peil in mei allemaal binnen de range van 122-125 cm.

Uitgaande van deze optimale conditie kan in elk jaar worden gekeken wat het verschil is tussen het optimum, het waargenomen peil en de waargenomen peildaling. Omdat het om grootheden in dezelfde schaal gaat, kan het verschil eenvoudig worden uitgedrukt in een afstand tot het optimum. De afstand wordt berekend als de Euclidische norm van het verschil (wortel van de som van de kwadraten). De berekende afstand blijkt een behoorlijke maat voor het bedekkingspercentage in dat jaar. Dat wordt ondersteund door Figuur 5.1. waarin de afstand tot het optimum is uitgezet tegen de aanwezigheid van drijvende en ondergedoken waterplanten. Op basis van deze figuur is geconcludeerd dat ondergedoken waterplanten voorkomen tot een straal van 80 cm rond het optimum. Drijvende planten zijn iets kritischer en komen voor binnen een afstand van 50 cm. Voor het model is uitgegaan van een geschat bedekkingspercentage van 100% in het optimum en een lineaire interpolatie vanuit het optimum naar de maximale afstand.



Figuur 5.1 Bedekking van ondergedoken en drijfbladplanten tegen de afstand tot het optimum.

Implementatie van de rekenregels in de KRW-tool

In de KRW-tool wordt bij een gegeven diepte in de hoofdstroom, nevengeul en/of eenzijdig aangetakte strang de afstand tot het optimum berekend voor elk jaar in de periode 2002-2009. Het geschatte bedekkingspercentage is het gemiddelde van de bedekkingspercentages in die jaren. Als er voor één jaar in die reeks een bedekkingspercentage van 0% wordt berekend, wordt de locatie ongeschikt geacht en zal het totale percentage ook gelijk worden gesteld aan 0. Doordat in de KRW-tool over een periode van enkele jaren wordt gemiddeld, geven de berekende percentages een realistisch beeld

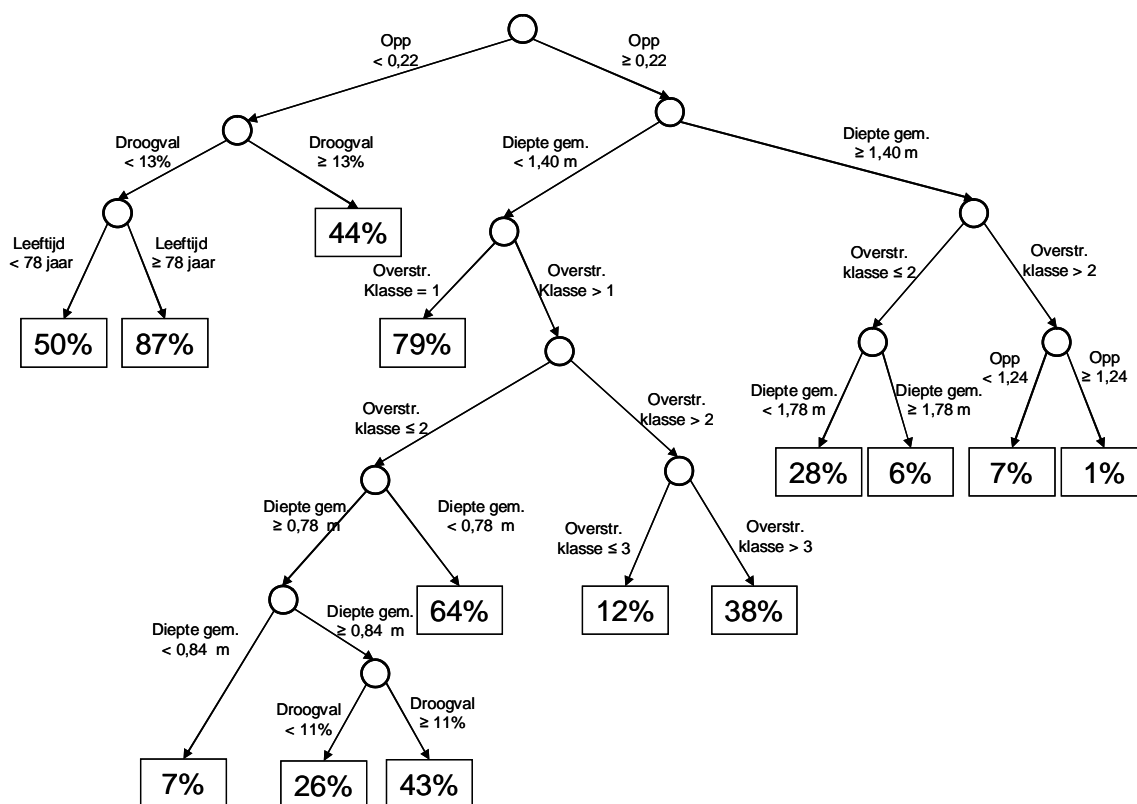
voor de locaties waar ook daadwerkelijk waterplanten kunnen worden aangetroffen. Hierbij moet echter bedacht worden dat de vegetatiebedekking van jaar tot jaar sterk kan variëren.

Vooralsnog is voor vegetaties van Rivierfonteinkruid in de hoofdstroom en aangetakte wateren (N2000 habitatype H3260B: Beken en rivieren met waterplanten) geen model opgesteld. Voor 6 soorten in geïsoleerde plassen zijn wel modellen opgesteld, maar deze zijn nog niet in de KRW-tool opgenomen (zie hieronder). In de toekomst kunnen de modellen van deze soorten aan de tool worden toegevoegd.

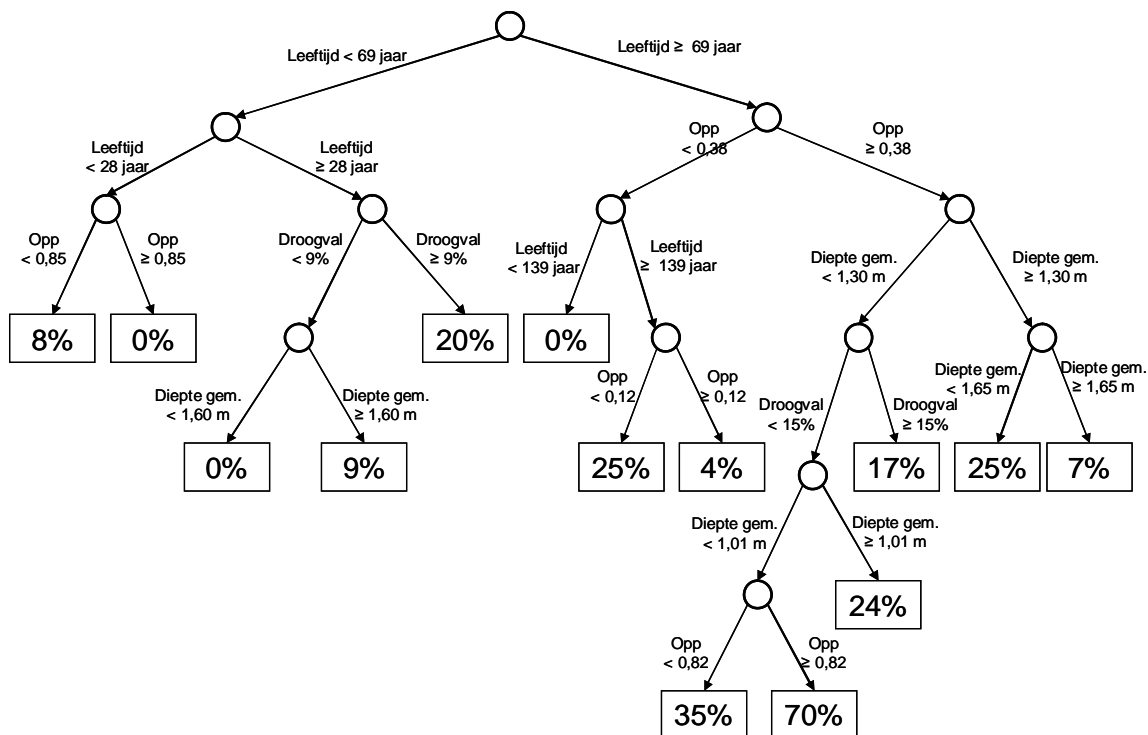
Model uiterwaardplassen

Black- en white-box neural netwerken bleken niet goed in staat om de waargenomen bedekkingspercentages goed te voorspellen. Een regressieboom bleek een geschiktere aanpak (Tabel 5.7).

Een regressieboom maakt op basis van de verklarende variabelen een classificatie van de plassen. Daarbij komen plassen met soortgelijke kenmerken in één klasse terecht. Aan elke klasse is één waarde voor de doelvariabele gekoppeld. In de modellering is de classificatie beperkt door op te leggen dat elke klasse tenminste 2 plassen bevat. De kracht van een regressieboom is dat via een boomstructuur een eenvoudige indeling kan worden gemaakt in de verklarende eigenschappen. Via de regressieboom kan worden vastgesteld in welke klasse een nieuw aan te leggen plas zich bevindt.



Figuur 5.2 Regressieboom voor ondergedoken waterplanten (voor uitleg zie tekst).



Figuur 5.3 Regressieboom voor drijvende waterplanten (voor uitleg zie tekst).

Uitleg voor het lezen van een regressieboom

De regressieboom in Figuur 5.2 moet van boven naar beneden gelezen worden: het belangrijkste onderscheid voor waterplanten ligt in de eerste knip, hier op de variabele 'plasoppervlak (Opp.)' bij een knipwaarde van 0,22 ha. In de volgende stap rechts in de afbeelding wordt een splitsing gemaakt op basis van de overstromingsklasse: plassen met een overstromingsklasse = 1 worden hier gesplitst van plassen met overstromingsklassen > 1. Op deze manier kan de tabel naar beneden worden opgelopen. In de eindknopen staat de bedekking van de waterplanten weergegeven, uitgedrukt in een percentage ten opzichte van het plasoppervlak.

Regressiebomen individuele soorten

Naast de hoofdgroepen is er ook gekeken naar het modelleren van individuele soorten die in meer dan 10 verschillende plassen worden aangetroffen (Tabel 5.7). Voor al deze soorten is de verklaarde variantie (R^2) groter dan 0,5, en kan een voldoende betrouwbare regressieboom worden gemaakt worden. In de KRW-tool zijn echter alleen soorten opgenomen die kenmerkend zijn voor riviersystemen. Op deze manier biedt de KRW-tool de mogelijkheid om niet alleen de totale bedekking van ondergedoken en drijfbladplanten te schatten, maar ook voor het voorkomen van kenmerkende riviersoorten. Het betreffen de volgende soorten:

- Gewoon kransblad (*Chara vulgaris*);
- Gele plomp (*Nuphar lutea*);
- Watergentiaan (*Nymphoides peltata*);
- Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*).

De regressiebomen van bovenstaande soorten staan in Bijlage B.

Vegetaties met Glanzig fonteinkruid behoren tot het N2000 habitattype “Meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden (H3159)”.

Implementatie van de regressiebomen in de KRW-tool

De regressiebomen zijn ingebouwd in de KRW-tool. Enkele variabelen zijn niet direct beschikbaar, en worden afgeleid uit andere gegevens die de gebruiker moet invoeren. Op basis van deze gegevens wordt de gemiddelde waterdiepte in mei, het droogvalpercentage en de overstromingsduurklasse berekend (zie paragraaf 5.2. voor verdere uitleg). De waterdiepte in mei en het droogvalpercentage zijn afhankelijk van de NAP-hoogte van een bepaalde locatie in een plas. Deze variabelen worden aan de hand van de regressiebomen per stap van 0,10 m in de KRW-tool doorerekend. Op basis hiervan presenteert de KRW-tool kansen op waterplanten over een range van NAP-hoogtes.

Bij de interpretatie van de resultaten van de KRW-tool moet rekening worden gehouden dat de resultaten een **gemiddeld** beeld van geven van de vegetatiebedekking over een periode van meerdere jaren. Zo kan een voorspeld bedekkingspercentage (door de KRW-tool) van 50% in werkelijkheid betekenen dat de plas in het ene jaar geheel bedekt is met waterplanten (100% bedekking), terwijl de plas in het daaropvolgende jaar geheel troebel is, en waterplanten geheel afwezig zijn (0% bedekking).

Tabel 5.7 Aanwezigheid van waterplanten in uiterwaardplassen en de verklarende variantie (R^2) van drie verschillende modellen

Soort(groep)	Aanwezig in x (van 70) plassen	Neuraal netwerk	Product unit netwerk	Regressie- boom
ondergedoken	60	0,48	0,54	0,80
drijvend	35	0,42	0,20	0,68
vegetatie-arm water	70	0,55	0,39	0,85
<i>Alisma gramineum</i> - Smalle waterweegbree	4			
<i>Callitriche spec.</i> - Sterrenkroos spec.	4			
<i>Ceratophyllum demersum</i> - Grof hoornblad	16	0,18	0,48	0,58
<i>Chara vulgaris</i> - Gewoon kransblad	18	0,94	0,91	0,93
<i>Elodea canadensis</i> - Brede waterpest	1			
<i>E. nuttallii</i> - Smalle waterpest	39	0,24	0,08	0,55
<i>Hottonia palustris</i> - Waterviolier	1			
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> - Kikkerbeet	1			
<i>Myriophyllum spicatum</i> - Aarvederkruid	1			
<i>Nitella capillaris</i> - Kleinhoofdig glanswier	5			
<i>Nuphar lutea</i> - Gele plomp	23	0,30	0,21	0,77
<i>Nymphoides peltata</i> - Watergentiaan	22	0,22	0,21	0,63
<i>Oenanthe aquatica</i> - Watertorkruid	2			
<i>Persicaria amphibia</i> - Veenwortel	6			
<i>Potamogeton acutifolius</i> - Spits fonteinkruid	1			
<i>P. crispus</i> - Gekroesd fonteinkruid	2			
<i>P. lucens</i> - Glanzig fonteinkruid	21	0,06	0,06	0,69
<i>P. natans</i> - Drijvend fonteinkruid	1			
<i>P. pectinatus</i> - Schedefonteinkruid	35	0,13	0,22	0,70
<i>P. pusillus</i> - Tenger fonteinkruid	21	0,70	0,29	0,73
<i>P. trichoides</i> - Haarfonteinkruid	34	0,41	0,29	0,67
<i>Ranunculus circinatus</i> - Stijve waterranonkel	6			
<i>Utricularia vulgaris</i> - Gewoon blaasjeskruid	2			
<i>Zannichellia palustris</i> - Zannichellia	16	0,21	0,02	0,77

6 Waardering van waterplantenrijke systemen

In dit hoofdstuk staat de methodiek beschreven van de waardering van de waterplantenvegetatie in de hoofdstroom, nevengeulen, eenzijdig aangetakte strangen en geïsoleerde plassen langs de Rijn. Deze waardering heeft alleen betrekking op ondergedoken en drijfbladplanten; de helofyten zijn buiten beschouwing gelaten. Bij de waardering is onderscheid gemaakt tussen plassen met N2000 habitattypen, en plassen met een soortenrijke vegetatie die kenmerkend is voor het riviereengebied, zonder dat specifieke zeldzame soorten aanwezig zijn. Deze laatste categorie speelt een belangrijke rol voor het behoud van een bepaalde 'basiskwaliteit', en is van betekenis voor de KRW-doelstellingen. Tevens kunnen zulke plassen – naarmate de vegetatiesuccessie vordert – zich ontwikkelen tot plassen met N2000 habitattypen.

Deze waardering is uitgevoerd voor een dataset van circa 400 geïsoleerde uiterwaardplassen die bemonsterd zijn in de jaren 1999 t/m 2010. De waardering is eveneens uitgevoerd op data die afkomstig zijn van de bemonstering van eenzijdige aangetakte strangen en stroomafwaartse delen van de hoofdstroom van de Waal en IJssel (die in 2010 door Jacques Leemans zijn bemonsterd). Al deze gegevens kunnen ingelezen worden met een Google Earth tool; tevens zijn deze gegevens in Donar ingevoerd en als GIS-files beschikbaar.

Een onzekerheid in de beoordeling is het feit dat veel locaties slechts één jaar bemonsterd zijn, terwijl voor sommige vegetatietypen de bedekking en soortensamenstelling van jaar tot jaar sterk kan variëren. Zo kan een plas in het ene jaar een soortenrijke vegetatie bezitten, terwijl in het daaropvolgende jaar vrijwel geen waterplanten aanwezig zijn. Voor de bepaling van de ligging van N2000 habitattypen vormt deze variatie echter geen groot probleem, aangezien het voorkomen van de vegetaties van deze habitattypen over de jaren vrij stabiel is. Voor de 'KRW'-plassen is de van jaar-tot-jaar variatie in vegetatiesamenstelling groter. Hierdoor zijn sommige plassen mogelijk ten onrechte als 'niet-waardevol' getypeerd.

De waardering voor N2000-typen en 'waardevolle KRW-plassen' is als volgt uitgevoerd.

N2000 habitattypen

Voor de N2000 habitattypen is gebruik gemaakt van de omschrijvingen van de habitattypen op de volgende website:

<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=infohabtypen>

De vegetatie in waterplantenrijke systemen omvat drie verschillende N2000 habitattypen, te weten:

Meren met Krabbenscheer en grote fonteinkruiden (H3150)

In de uiterwaarden betreffen dit vegetaties in geïsoleerde plassen die gedomineerd worden door Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*) en – in enkel gevallen – door Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*). De soort Krabbenscheer zelf kwam vroeger wel regelmatig voor, maar is – behoudens een kleine groeiplaats langs de IJssel – geheel uit de Rijn-uiterwaarden verdwenen. Dit habitatype is op circa 70 locaties aangetroffen.



Krabbenscheer (J. Leemans)



Glanzig fonteinkruid (J. van Schie)

Beken en rivieren met waterplanten (H3260B)

Dit habitattype heeft betrekking op vegetaties van Rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus*) en Doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*) in de hoofdstroom en nevengeulen van de rivier. Dit habitattype is op circa 25 locaties in de hoofdstroom aangetroffen. In enkele gevallen groeide Doorgroeid fonteinkruid ook in geïsoleerde plassen; deze groeiplaatsen behoren echter tot het habitattype H3150 (zie hierboven).



Rivierfonteinkruid (J. Leemans)



Rivierfonteinkruid (J. Leemans)

Kranswierrijke wateren (H3140)

Hiertoe behoren vegetaties die door Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*) gedomineerd worden. Voornamelijk is dit type in slechts één diepe zandwinput (in de Middelwaard nabij Vianen) vastgesteld.



Sterkranswier (K. van der Weyer)

Waardevolle KRW-plassen

In tegenstelling tot N2000 zijn voor de bepaling van waardevolle KRW-plassen geen vaststaande criteria voorhanden. Deze waardering is gebaseerd op *expert judgement*. Een plas werd voor de KRW als 'waardevol' gezien als de plas gekenmerkt wordt door een gevarieerde begroeiing met een groot aandeel van 'riviereigen' soorten. Exoten als Smalle waterpest spelen in deze plassen een ondergeschikte rol. In totaal zijn circa 200 geïsoleerde plassen als waardevol voor de KRW gekenmerkt.

De waardering voor de KRW is dus geheel gebaseerd op de vegetatiesamenstelling van ondergedoken vegetatie en drijfbladplanten (nymphaeiden). In een aantal gevallen zijn oude strangen niet als 'waardevol voor de KRW' gekenmerkt. De vegetatiekundige waarden van deze strangen bestaan vaak uit (uitgebreide) helofytenvegetaties, en deze vegetatiegroep is niet in de beoordeling meegenomen. Tevens hebben deze strangen ook een duidelijke geomorfologische en landschappelijke waarde.

7 Aanbevelingen voor inrichting

In voorgaande hoofdstukken is toegelicht welke factoren van belang worden geacht voor de ontwikkeling van waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken. Uit deze analyse zijn succes- en faalfactoren afgeleid voor verder ecologisch herstel in de toekomst. Een belangrijk verschil voor de kansen voor waterplantenontwikkeling is het onderscheid tussen aangetakte en geïsoleerde wateren. Voorts kan binnen de aangetakte wateren onderscheid gemaakt worden tussen eenzijdig aangetakte plassen en tweezijdig aangetakte (en bijgevolg meestromende) nevengeulen. Daarnaast spelen de riviertak, de locatie langs de riviertak, de overstromingsduur door de rivier en vormgeving van de plas (diepteprofiel, oppervlak) een belangrijke rol.

In onderstaande paragraaf wordt per watertype (nevengeulen, eenzijdig aangetakte en geïsoleerde plassen) aangegeven wat op basis van de huidige inzichten de succes- en faalfactoren zijn voor het behoud, de inrichting en het beheer van deze wateren.

7.1 Nevengeulen

Behoud

- Van de huidige nevengeulen langs de Nederlandse Rijntakken komen alleen in de nevengeulen van de Vreugderijkerwaard en Gameren waterplantenbegroeiingen voor. Vooral de nevengeul in de Vreugderijkerwaard bevat een waardevolle vegetatie, behorend tot het N2000 habitattype "H3260B Beken en rivieren met waterplanten".

Inrichting

Succes- en faalfactoren bij de aanleg van nevengeulen zijn:

- de nevengeul dient normaliter in de eerste drie maanden van het groeiseizoen (mei t/m juli) mee te stromen met de rivier;
- Condities voor waterplantengroei zijn optimaal bij een waterdiepte in mei tussen 0,5 – 1,5 meter. De maximale waterdiepte voor waterplantengroei is 1,9 meter;
- De oevers moeten een flauw talud hebben;
- Vegetatieontwikkeling in de nevengeulen vindt alleen plaats bij gedempte peilfluctuaties van de rivier. Bij het huidige peilregime van de rivier is de aanleg van nevengeulen voor waterplantenontwikkeling alleen effectief in de stroomafwaartse delen van de rivier. Voor de IJssel is dit stroomafwaarts van Zwolle; voor de Waal stroomafwaarts vanaf Zaltbommel;
- In de nevengeulen moet voldoende morfodynamiek zijn, zodat de bodem uit zandig substraat blijft bestaan. Wanneer in de nevengeulen stroomluwe condities overheersen of nevengeulen wordt aangelegd in stroomluwe riviertrajecten waar sedimentatie van klei en slib overheerst, dan ontstaat troebel water zonder waterplantengroei (zoals in de Bakenhof of in gestuwde riviertrajecten). Eenzelfde verhaal gaat op wanneer de nevengeul in de klei wordt aangelegd.
- Vooralsnog is onbekend wat de ecologische meerwaarde is van de aanleg van een nevengeulen in gestuwde panden van de Neder-Rijn en Lek. Het lijkt vooralsnog onwaarschijnlijk dat langs de Neder-Rijn en Lek voldoende doorstroming en morfodynamiek aanwezig is. Hierdoor bestaat een grote kans op verslibbing van deze nevengeulen, waardoor zandige substraten onderslibben, en de ecologische kwaliteit vermindert;

- De soortenrijkdom van een nevengeul wordt gestimuleerd door variatie in waterdiepte en stroomsnelheid.

Beheer

De laatste jaren zijn er steeds duidelijkere aanwijzingen dat ganzenvraat een belangrijke belemmering kan zijn voor herstel van ondergedoken waterplantenvegetaties in rivieren (HS 5; Van Schie, 2009). Aangezien ganzen zijn aangewezen op korte grazige vegetaties, kan de aanwezigheid van ganzen mogelijk beïnvloed worden door het beheer van graslanden in deze gebieden. Zo zou ganzenvraat kunnen worden verminderd door een beheer dat gericht is op het ontstaan van voor ganzen onaantrekkelijke ruigere vegetatie op de oevers. Op dit ogenblik is echter onbekend op welk schaalniveau deze maatregel nodig is, en of hierin verschillen zijn tussen locaties.

7.2 Eenzijdig aangetakte wateren

Behoud

Momenteel komen langs de Nederlandse Rijntakken geen eenzijdig aangetakte strangen voor die een waardevolle vegetatie bevatten. Vegetatie is vaak geheel afwezig, of bestaat uit een dunne rand van Smalle waterpest of Gele plomp. Bij laatstgenoemde soort zijn dit veelal relictten uit de tijd dat deze plassen nog geïsoleerd waren van de rivier (bijvoorbeeld in de Duursche Waarden, waar in 1989 een geïsoleerde plas eenzijdig met de rivier is verbonden).

Inrichting

Voor de inrichting van eenzijdig aangetakte strangen is er een duidelijke kennislacune. Uit de analyses kwam naar voren dat veel van de huidige eenzijdig aangetakte strangen te diep zijn voor waterplantengroei (zie HS 3).

Vooralsnog zijn voor eenzijdig aangetakte strangen dezelfde rekenregels gehanteerd als voor waterplanten in de hoofdstroom en nevengeulen. Echter, de Ausgangssituatie in eenzijdig aangetakte wateren is waarschijnlijk minder gunstig dan in nevengeulen. Dit komt ondermeer door de waterverplaatsing door scheepvaart, die aan het einde van een doodlopende strang 'terugkaatst' en voor extra opwerveling van sediment (en troebelheid) zorgt. Bovendien bestaat de bodem vaak uit klei, wat de troebelheid versterkt. Nieuw onderzoek moet uitwijzen wat de herstelkansen zijn voor waterplanten in eenzijdig aangetakte wateren.

Voor de aanleg van eenzijdig aangetakte strangen wordt uitgegaan van de volgende succes- en faalfactoren:

- gelijk nevengeulen zal vegetatieontwikkeling in eenzijdig aangetakte strangen alleen optreden bij gedempte peilfluctuaties van de rivier. Bij het huidige peilregime van de rivier is de aanleg van aangetakte strangen voor waterplantenontwikkeling alleen effectief in de stroomafwaartse delen van de rivier (IJssel: vanaf Zwolle; Waal: vanaf Zaltbommel);
- Waterplantengroei is optimaal bij een waterdiepte in mei tussen 0,5 – 1,5 meter. De maximale waterdiepte voor waterplantengroei is 1,9 meter. Het merendeel van de huidige eenzijdige aangetakte wateren hebben een grotere waterdiepte, en (mede) hierdoor zijn waterplanten vrijwel afwezig;
- in eenzijdig aangetakte strangen dienen maatregelen verkend te worden waarmee de effecten van waterverplaatsing en golfslag worden verminderd.

Beheer

- gelijk nevengeulen kan de vegetatieontwikkeling in eenzijdig aangetakte strangen belemmerd worden door ganzenvraat. Mogelijk kan ganzenvraat worden vermindert door een beheer dat gericht is op het ontstaan van ruigere vegetatie op de oevers. Op dit ogenblik is echter onbekend op welk schaalniveau deze maatregel nodig is, en of hierin verschillen tussen locaties optreden.

7.3 Geïsoleerde plassen**Behoud**

- Bij de bepaling van de huidige waarden van de plassen is er onderscheid gemaakt tussen N2000 en waardevolle KRW-plassen (zie HS 2.5). In de N2000 plassen komt het habitatype H3159 (Meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden) voor. De vegetatie in KRW-plassen bestaat uit zowel ondergedoken als drijvende waterplanten (specifiek nymphaeiden). Tevens kunnen zulke plassen – naarmate de vegetatiesuccessie vordert – zich ontwikkelen tot plassen met N2000 habitatypen².
- Veel vegetatietypen van oudere successiestadia komen pas na decennia tot dominantie in de plassen (Tabel 7.1). Zo domineren Gele plomp en verschillende helofytensoorten pas wanneer plassen (beduidend) ouder zijn dan 100 jaar. Dit veronderstelt dat deze vegetaties een lange hersteltijd vragen wanneer deze verdwijnen bij herinrichting van uiterwaarden. Gezien deze lange ontwikkelingstijd moet dus voorzichtig worden omgesprongen met oude plassen die in een gevorderd stadium van verlanding zijn.

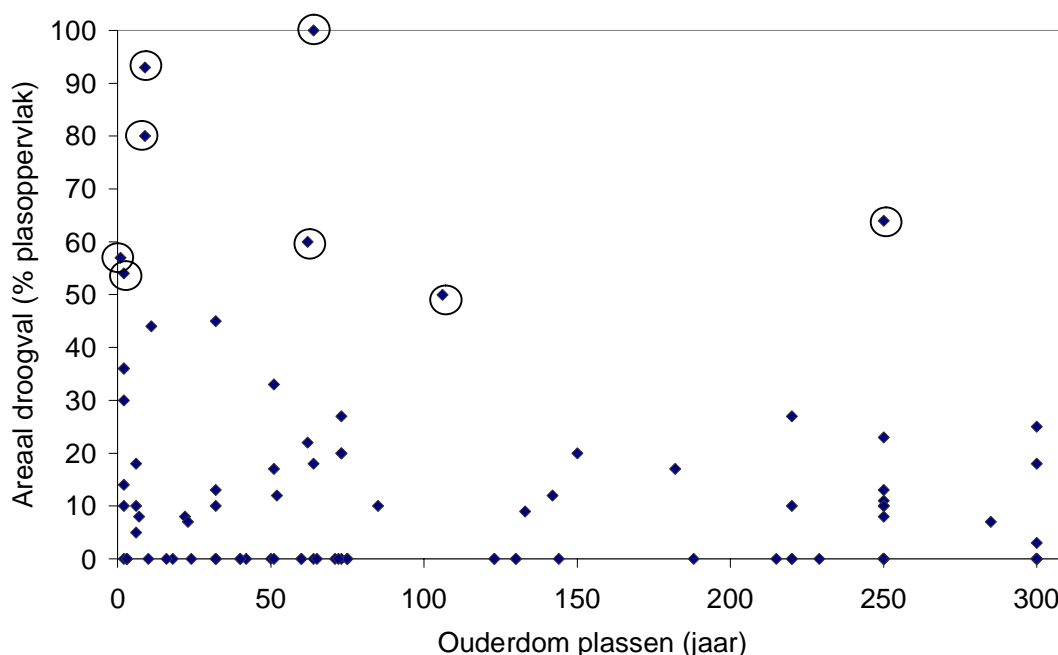
Inrichting

Voor de aanleg van nieuwe plassen kunnen de volgende succesfactoren worden gegeven:

- ondergedoken waterplanten kunnen alleen tot ontwikkeling komen wanneer kleine plassen en poelen worden aangelegd (< 1 ha). Grotere plassen kunnen ook waardevol zijn vanwege de ontwikkeling van drijfbladplanten (Watergentiaan, Gele plomp) en helofyten. Het duurt echter vele decennia tot meer dan 100 jaar voordat deze vegetaties goed tot ontwikkeling komen.
- waardevolle plassen ontstaan vrijwel alleen in laagdynamische delen van uiterwaarden met een lage overstromingsduur (< 20 dagen per jaar). Voor sommige zeldzamere soorten van minder voedselrijke condities (zoals Groot blaasjeskruid en Waterviolier) is zelfs een overstromingsduur < 2 dagen per jaar vereist;
- wanneer verschillende plassen in één uiterwaard zijn gelegen, dan moeten deze plassen tijdens de zomermaanden niet met elkaar zijn verbonden. Uit veldwaarnemingen blijkt namelijk dat waterplanten afwezig zijn in kleine plassen die verbonden zijn met grotere plassen.
- Breng variatie aan in grondwatergestuurde peilfluctuaties in de plassen door gebruik te maken van verschillen in bodemtype en de afstand tot de rivier. Wanneer plassen in een zandbodem worden aangelegd, dan zal het waterpeil in deze plassen in sterkere mate het rivierpeil volgen. Hetzelfde geldt voor plassen die dicht bij de rivier liggen.
- Speciale aandacht moet geschonken worden aan plassen die regelmatig droogvallen. Deze plassen bevatten vaak waardevolle vegetaties, maar komen tegenwoordig weinig voor (zie Figuur 7.1). In jonge, regelmatig droogvallende plassen komen uitgebreide kranswervevegetaties tot ontwikkeling, waarin regelmatig een zeldzame

² In de Google Earth tool is van elke plas weergegeven of het een 'N2000' of 'waardevolle KRW-plas' is (zie bijlage C voor een toelichting). Tevens zijn GIS-files gemaakt met de ligging van deze plassen.

soort als Vertakt boomglanswier voorkomt. Droogval komt vooral voor in relatief jonge plassen. In de Nederlandse uiterwaarden liggen nauwelijks oudere plassen die met enige regelmaat droogvallen. In deze plassen groeit ondermeer het internationaal zeer zeldzame Kleinhoofdig glanswier (*Nitella capillaris*). Deze plassen liggen vaak dicht tegen de rivier aan, waardoor het waterpeil in de plas de peilschommelingen van de rivier goed blijft volgen, ook wanneer een voortgaande opslibbing optreedt. Deze plassen zijn vaak zeer soortenrijk, vooral bij een overstromingsduur van minder dan 20 dagen/jaar.



Figuur 7.1 Ouderdom van de plassen in relatie tot droogvallend oppervlak. In dit figuur is duidelijk zichtbaar dat regelmatig droogvallende plassen weinig voorkomen, vooral wanneer deze plassen ouder zijn dan circa 60 jaar. Juist in deze droogvallende plassen (zie omcirkeling) kunnen waterplanten tot ontwikkeling komen die kenmerkend zijn voor rivieren, zoals Gewoon kransblad, Kleinhoofdig glanswier en Watergentiaan. De drooggevallen delen van de plassen vormen bovendien de optimale standplaats voor het N2000 habitattype Slikkige rivieroever (H3270).

- Voor de aanleg van plassen in regelmatig overstromde uiterwaarden (> 20 dagen per jaar) wordt voorgesteld om deze regelmatig (jaarlijks tot eens in de 5 jaar) over een groot oppervlak te laten droogvallen (> 50% van het plasoppervlak in mei). Hiernaast kan de waterplantengroei gestimuleerd worden door een geringere waterdiepte van deze plassen (max. waterdiepte in mei < 1 – 1,5 meter).

Hierbij wordt opgemerkt dat jaarlijkse droogval tot een vegetatie van Gewoon kransblad (*Chara vulgaris*) leidt, terwijl bij een lagere droogvalfrequentie ook andere soorten tot ontwikkeling kunnen komen. Beide droogvalfrequenties leveren dus hun eigen natuurwaarde. Na iedere tijdelijke droogval keren de ondergedoken waterplanten terug, waardoor het versturende effect van frequente overstromingen deels wordt gecompenseerd.

Hiernaast bieden de drooggevallen oevers ook een optimale groeiplaats voor het N2000 habitattype Slikkige rivieroever (H3270), wat gekenmerkt wordt door riviersoorten als Slijkgroen, Bruin cypergras en Liggende ganzierik.

- Kleine geïsoleerde plassen en poelen bieden ideale voortplantingsmogelijkheden voor amfibieën. Hierbij zijn ook verschillende zeldzame en/of kenmerkende soorten, zoals Kamsalamander en Knoflookpad. Dit betreft vooral poelen met een stabiele, soortenrijke vegetatie met een lage overstromingsduur (< 20 dagen/jaar). Deze soorten gebruiken de poelen voor de voortplanting in het voorjaar; in het resterende deel van het jaar vormt de omgeving van de poelen een belangrijk habitat. Om deze reden is het van belang dat bij de inrichting ook rekening wordt gehouden met de habitateisen van deze soorten wanneer deze zich buiten het water bevinden (zowel zomer- als overwinteringshabitat).

Aansluiten op natuurlijke hydrologie en geomorfologie

Bij de aanleg van geïsoleerde plassen is het van belang om aan te sluiten op de natuurlijke hydrologie en geomorfologie van de betreffende locaties. Vroeger waren de uiterwaarden beduidend natter dan tegenwoordig. Het grondwaterpeil in de uiterwaarden (en bijgevolg het waterpeil in de plassen) is gedaald ten gevolge van rivierinsnijding en opslibbing van uiterwaarden. Destijds kwamen in de uiterwaarden waarschijnlijk meer tijdelijk droogvallende wateren voor dan in de huidige situatie. Dit geldt vooral voor uiterwaarden langs stroomopwaarts gelegen delen van riviertakken, waar de peildynamiek van de rivier het grootst is. Langs meer stroomafwaarts gelegen delen van de rivieren is het waterpeil stabiel, en zullen plas-dras situaties een groter aandeel gehad hebben. Eenzelfde gradiënt is binnen brede uiterwaarden mogelijk, aangezien de grondwater-gestuurde peilfluctuaties uitdempem naarmate de afstand tussen de rivier en de plas groter wordt.

Beheer

Een andere optie voor stagnant water ligt niet zozeer in de inrichting, maar in het beheer van de uiterwaarden. Nagenoeg alle uiterwaarden zijn geheel of gedeeltelijk voorzien van zomerkades. Deze zijn voorzien van sluisjes, die thans dienen om uiterwaarden vullen voordat de zomerkades overstromen. Deze sluisjes vergemakkelijken ook het versneld leegstromen van een uiterwaard na een overstroming. De sluisjes zouden echter, indien ze na waterinlaat gesloten blijven, ook gebruikt kunnen worden om de uiterwaarden langduriger onder water te laten (Buijse *et al.*, 2001). Op dit ogenblik loopt een dergelijk experiment in de Oude Waal nabij Nijmegen (Kurstjens *et al.*, 2010). In dit gebied wordt langer water vastgehouden door het sluiten van de sluis in de zomerkade, waardoor uitgebreide plas-dras situaties zijn ontstaan. Dit leidde tot een duidelijke verhoging van het aantal broedparen van kenmerkende en schaarse (Rode Lijst)-soorten als Dodaars, Roerdomp, Zomertaling en Watersnip. Bijkomend voordeel is dat een hoger waterpeil in het voorjaar de kieming en groei van wilgen tegengaat. Hierdoor treedt minder bosvorming op en ontstaat een meer open moerasrijk landschap, wat de doorstroming tijdens hoogwater bevordert (Kurstjens *et al.*, 2010).

Het begrazingsbeheer is van grote invloed op de vegetatie van de plassen, met name op de helofytenzone aan de oever van de plas. Juist in plassen met uitgebreide plas-dras zones kunnen uitgebreide helofytenvegetaties ontstaan, die in jaren met een hoog rivierpeil broedgelegenheid geven aan soorten als Dodaars, Zomertaling en Waterral. Er zijn verschillende voorbeelden uit de afgelopen tien jaar waarbij dergelijke uitgebreide helofytenvegetatie door vee geheel zijn weggevreten. Zulke helofytenvegetaties herstellen zich echter zeer moeizaam, ook wanneer het vee naderhand uit het terrein wordt geweerd. Bovendien biedt de kale bodem de mogelijkheid voor opslag van wilgen, iets wat daarvoor door de uitgebreide helofytenvegetaties niet mogelijk was.

8 Referenties

- Bijkerk, R. [red.] (2010) Handboek Hydrobiologie. Hoofdstuk elf: Vegetatie; tabel 11.5, blz. 29.
- Buijse, A.D., G. J. van Geest, R.E. Grift, F.C.J.M. Roozen (2001) Stagnante wateren in H.A. Wolters, M. Platteeuw & M.M. Schoor [red.] Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden. Ecologie en veiligheid gecombineerd. RIZA rapport 2001.059. 18 p.
- Carpenter, R.C. (1981) Submersed vegetation: an internal factor in lake ecosystem succession. *The American Naturalist*, **118**, 372-383.
- Coops, H., J. van Schie & R.W. Doef (1993) Waterplanten in de Duursche Waarden 31 augustus 1993. RWS RIZA Werkdocument 93.134x.
- Creemers, R.C. M. (1994) Amfibieën in uiterwaarden : voortplantingsplaatsen van amfibieën in uiterwaarden. Uitgave Stichting ARK
- Doef, R.W. & H. Coops (1996a) Waterplanten in de Leeuwense Waard 1995; RWS RIZA werkdocument 96.077X
- Doef, R.W. & H. Coops (1996b) Waterplanten Oeverproject Opijnen 1993, 1994 en 1995. RWS RIZA Werkdocument 96.159X.
- Geerling, G.W. & L. van Kouwen (2011) Evaluatie Nevengeulen Rijntakken. Deltares, Delft. Waterdienst, Lelystad, RWS Oost Nederland, Arnhem.
- Grift, R. (2001) How fish benefit from floodplain restoration along the lowr River Rhine. PhD thesis Wageningen University.
- Haslam, S.M. (1987) River plants of Western Europe; The macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community Cambridge University Press, Cambridge etc., 512 pp.
- Janse, J.H. (1986) Ecologische waarden van de wateren in het winterbed van de grote rivieren. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Leersum en Texel.
- Keddy, P. & L.H. Fraser (2000) Four general principles for the management and conservation of wetlands in large lakes: The role of water levels, nutrients, competitive hierarchies and centrifugal organization. *Lake & Reservoirs: Research and Management* 5: 177-185.
- Kern, J. H. & Th. J. Reichgelt (1950) Over enige kritische planten van onze flora. *Nederlandsch Kruidkundig Archief* 57: 244-26.
- Kurstjens, G., N. van Kessel, M. Dorenbosch, B. Peters & G. van Geest (2010) Rijn in Beeld: de natuur van de natte overstromingsvlakte; de Oude Waal bij Nijmegen; inventarisatie 2009. Rapportage Rijn in Beeld.

- Lauwaars, S.G., R.W. Doef & H. Coops (1997) Waterplanten in de Blauwe Kamer 1993-1995. RWS RIZA Werkdocument 97.034X
- Niemeijer, I., B. Beekers, G. Kurstjens, P. van Beers, P. Calle, M. Louwen, K. Lotterman, M. Bolten, E. Brouwer, N. Dam & M. van Bergen. (2008). De Flora van de Gelderse Poort. Trends van indicatieve soorten tussen 1970 en 2008 en actuele ontwikkelingen van beschermde en bedreigde soorten (vanaf 2004). Stichting Flora- en Faunawerkgroep Gelderse Poort.
- Noordhuis, R. [red.] (1995) Biologische monitoring zoete Rijkswateren: jaarrapportage 1993. RIZA nota nr. 95.002, Lelystad.
- Reeze, A.G.J., A.D. Buijse & W.M. Liefveld [red.] (2005) Weet wat er leeft langs Rijn en Maas. RIZA-rapport 2005.010. Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad. 279 p.
- Rostan, J.C., C. Amoros & J. Juget (1987) The organic content of the surficial sediment: a method for the study of ecosystem development in abandoned river channels. *Hydrobiologia*, 148, 45-62.
- Schaminée J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1995) De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala-Leiden.
- Schwarz, W.L., G.P. Malanson & F.H. Weirich (1996) Effect of landscape position on the sediment chemistry of abandoned-channel wetlands. *Landscape Ecology*, 11, 27-38.
- Van den Brink, F.W.B. (1994) Impact of hydrology on floodplain lake ecosystems along the Lower Rhine and Meuse. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 196 p.
- Van der Molen, D.T., A.D. Buijse, L.H. Jans, H.E.J. Simons, I. van Splunder & M. Platteeuw. 2002. Ecologisch rendement van herstel- en inrichtingsmaatregelen. RIZA rapport 2002.032.
- Van der Molen, D.T. & R. Pot (2007) Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA rapport 2007-32.
- Van der Voo, E.E. & V. Westhoff (1961) An autecological study of some limnophytes and helophytes in the area of the large rivers. *Wentia* 5: 163-258.
- Van Donselaar, J, 1961. On the vegetation of former river beds in the Netherlands. *Wentia* 5: 1-85.
- Van Geest G.J., F.C.J.M. Roozen, H. Coops, R.M.M. Roijackers, A.D. Buijse, E.T.H.M. Peeters & M. Scheffer (2002) Vegetation abundance in lowland floodplain lakes determined by surface area, age and connectivity. *Freshwater Biology* 48: 440-454.
- Van Geest G.J., H. Coops, R.M.M. Roijackers, A.D. Buijse & M. Scheffer (2005a) Succession of aquatic vegetation driven by reduced water-level fluctuations in floodplain lakes. *Journal of Applied Ecology* 42: 251-260.

- Van Geest G.J., H. Wolters, F.C.J.M. Roozen, H. Coops, R.M.M. Roijackers, A.D. Buijse & M. Scheffer (2005b). Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes. *Hydrobiologia* 539: 239-248.
- Van Schie, J. (2009) Monitoring waterplanten vooroeverproject Lek 2008. Waterdienst Lelystad.
- Van 't Hullenaar, J.W. (1989) Herontwikkeling van watervegetaties in het bovenstroomse gedeelte van de Waal. Rijkswaterstaat, dienst Binnenwateren/RIZA. Werkdocument 89.120x.
- Weeda E.J., J.H.J. Schaminée & L. Van Duuren met medewerking van S.M. Hennekens, A.C. Hoegen & A.J.M. Jansen (2000) Atlas van plantengemeenschappen in Nederland. Deel 1. Wateren, moerassen en natte heiden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Willby, N.J., J.R. Pygott, J.W. Eaton (2001) Inter-relationships between standing crop, biodiversity and trait attributes of hydrophytic vegetation in artificial waterways. *Freshwater Biology* 46 (7): 883-902.
- Wolters, H. (2002) Onderzoek Ecologie Rivierengebied – Hydrologie. Rijkswaterstaat RIZA.
- Wood, P.J. & P.D. Armitage (1997) Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management*, 21, 203-217.

A Handleiding KRW-tool waterplanten Rijn

Algemeen

Het wordt sterk aanbevolen om de bijgevoegde rapportage te lezen voordat de “KRW-tool waterplanten Rijn” wordt gebruikt. Op basis van deze informatie kunnen de uitkomsten van tool beter worden geïnterpreteerd.

In de rapportage wordt uitleg gegeven over de sturende factoren voor waterplantengroei in resp. de hoofdstroom en aangetakte wateren (HS 3) en in geïsoleerde uiterwaardplassen (HS 4). De afleiding van de rekenregels voor de KRW-tool staat vermeld in HS 5. In HS 7 worden de succes- en faalfactoren aangegeven voor behoud, inrichting en beheer van waterplantenrijke systemen.

Doel van de KRW-tool waterplanten Rijn

De KRW-waterplantentool is geïmplementeerd met het volgende doel voor ogen:

Het bieden van beslissingsondersteuning voor maatregelen in de uiterwaarden door inzicht te geven in de effecten van verschillende ontwerpkeuzes op de aanwezigheid van waterplanten.

Voor drie verschillende soorten varianten kan worden bepaald wat het effect is op de kans dat waterplanten zich vestigen op de aangegeven locatie. De varianten zijn:

1. nevengeul;
2. eenzijdig aangetakte strang;
3. uiterwaard plas.

Geldigheidsgebied

De modellen in de tool zijn gebaseerd op observaties van drijvende en ondergedoken waterplanten langs een aantal Nederlandse rivieren. Deltares heeft de gegevens vanaf 1998 verzameld. De geldigheid van de tool beperkt zich tot het stroomgebied van die rivieren en is representatief voor de situatie vanaf 1998. De tool is niet zonder meer toepasbaar op andere rivieren (zoals bijvoorbeeld de Maas).

Het geldigheidsgebied beperkt zich tot:

- locaties langs de rivieren Waal, Nederrijn/Lek/Pannerdensch kanaal, IJssel;
- de ecologische situatie vanaf 1998;
- riviermorfologie en -dynamiek die overeenkomt met de verhanglijn van november 2010 (Rijkswaterstaat);
- bemonsterde drijvende en ondergedoken waterplanten.

Handleiding

De KRW-tool waterplanten Rijn is gebouwd in Excel. Bij het openen van de tool verschijnt een melding over ‘macro’s’ binnen Excel. Om de macro’s te laten werken, moet in het betreffende scherm op ‘OK’ gedrukt worden.

De interface bevat twee verschillende gekleurde velden. De grijze velden kan (moet) de gebruiker veranderen. Veranderingen kunnen gevolgen hebben voor de blauwe velden. De waarden in deze velden worden steeds opnieuw berekend na een wijziging in een grijs veld door de gebruiker.

Legenda:	
veld kan/moet worden ingevuld	
veld wordt berekend op basis van andere velden	

Bij het gebruik van de tool moeten de volgende stappen worden doorlopen.

Specificeren van locatie

De gebruiker moet opgeven voor welke locatie de maatregelen moeten worden doorgerekend. Daarbij kan (via een dropdown-menu in cel B4) gekozen worden uit de drie riviertakken uit het geldigheidsgebied. De tool geeft onmiddellijk aan wat begin en eind van de riviertak zijn. Vervolgens moet de rivierkilometer worden ingevuld (cel B7). De waarde moet tussen het aangegeven begin en einde van de rivier liggen.

Als de locatie bekend is, berekent de tool onmiddellijk de peildynamiek ter plaatse. De berekening is gebaseerd op het historische peil bij Lobith en de verhanglijn van Rijkswaterstaat. De berekening kan enkele seconden in beslag nemen. Het resultaat van de berekening is (onder andere) de minimale en maximale waterstand in de rivier in de periode 1980-2009 voor de opgegeven locatie. Deze waarden worden in het scherm getoond. Op basis van de minimale waterstand kiest de tool een realistische range van bodemhoogtes waarvoor de kans op waterplanten wordt bepaald. Buiten deze range is de kans op waterplanten nihil.

3	Locatie		
4	Riviertak	Nederrijn/Lek	
5	Begin riviertak	867,22	km
6	Eind riviertak	989	km
7	Rivierkm	970	km
8	minimale waterstand in de jaren 1980-2009	32	cm NAP
9	maximale waterstand in de jaren 1980-2009	323	cm NAP
10			
11	ondergrens realistische bodemhoogte	-220	cm NAP
12	bovengrens realistische bodemhoogte	320	cm NAP
13			
14			

Invullen van kenmerken van plassen

Vanwege het karakter van de onderliggende modellen hoeft de gebruiker voor nevengeulen, hoofdstroom en eenzijdige aangetakte strangen geen verdere kenmerken op te geven. In het model is peildynamiek in de rivier voor deze situaties allesbepalend voor de aanwezigheid van waterplanten.

Bij plassen spelen meerdere kenmerken een rol. Deze kunnen voor twee plassen tegelijk worden ingevuld. De naam die de gebruiker voor de plassen kan opgeven wordt alleen gebruikt om de plassen te onderscheiden.

De variabelen die bij plassen een rol spelen zijn: oppervlak, leeftijd, afstand tot de rivier, de samenstelling van de bodem en de hoogte van de drempel tot de rivier. Aan elk van deze kenmerken zijn beperkingen opgelegd voor de minimale en maximale waarde van deze variabelen. De rekenregels zijn namelijk alleen toepasbaar binnen de range van waarden zoals deze voor elke variabele in de brongegevens aanwezig is. Wanneer bij het invullen de minimale of maximale waarde wordt overschreden, dan verschijnt een melding op het scherm.

14			
15	variant Geul. Hoofdstroom of Aangetakte Strang	Geul	
16			
17	variant Uiterwaardplas	Plas A	Plas B
18	naam	mijn_plas_A	mijn_plas_B
19	oppervlak	0,2	10 ha
20	leeftijd	50	300 jaar
21	afstand tot de rivier	2	600 m
22	samenstelling bodem	1 zand	2 klei
23	hoogte zomerkade / drempel naar rivier	300	70 cm NAP
24	overstromingsdagen/jaar	0	43 dagen/jaar
25	overstromingsklasse	1 (<2 dg/jr)	3 (20-50 dg/jr) klasse
26			

Op basis van de hoogte van de zomerkade / drempel wordt berekend hoeveel dagen per jaar het rivierpeil ter plaatse boven de drempel uitkomt. Dat levert een aantal overstromingsdagen per jaar op. De overstromingsklasse hangt af van het aantal overstromingdagen.

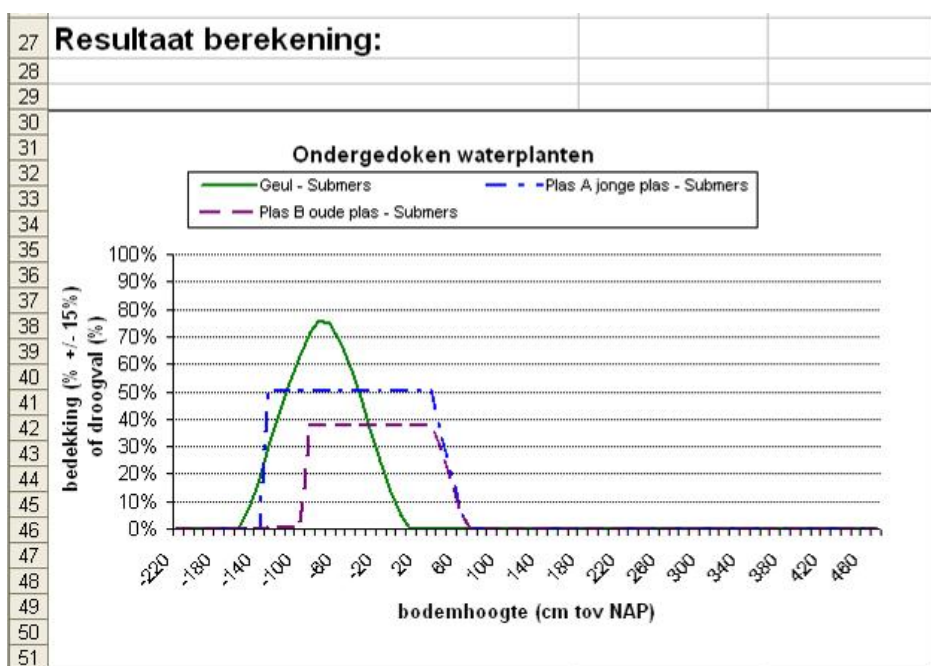
Het droogvalpercentage hangt af van de diepte van de plas. Hele diepe plassen vallen nooit droog; hele ondiepe plassen vallen altijd droog. Naast de diepte wordt de droogval van een plas beïnvloed door het bodemtype (zand of klei), de afstand van de plas tot de rivier en de peilvariatie in de rivier.

Interpretatie resultaten

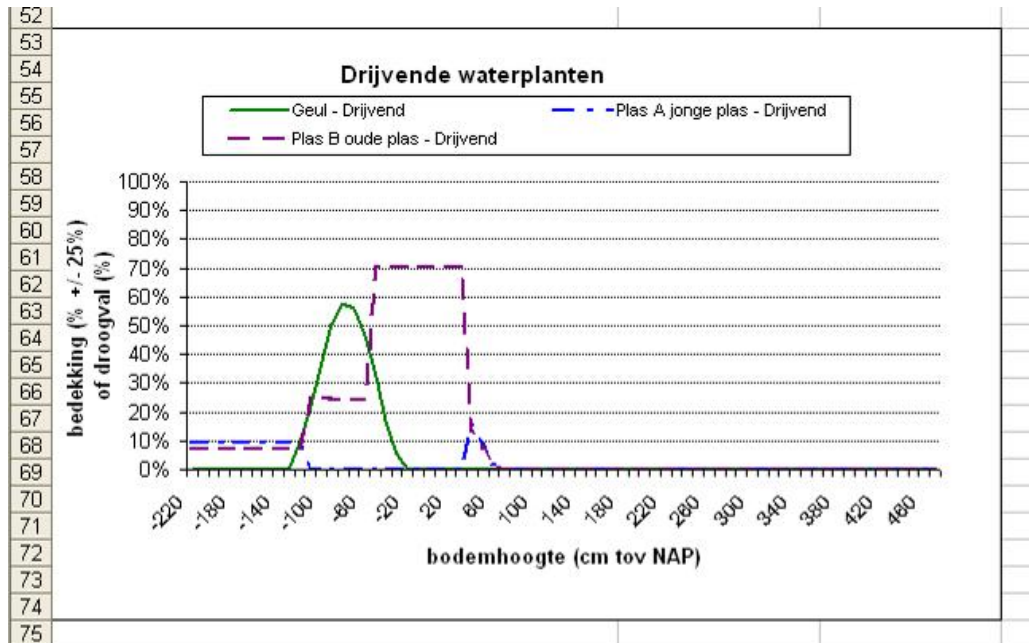
Als alle kenmerken zijn ingevuld wordt de kans berekend op waterplanten bij verschillende bodemhoogtes. Het is sterk afhankelijk van de locatie en de peildynamiek of er überhaupt waterplanten mogelijk zijn, in welke mate ze voorkomen en bij welke bodemhoogtes.

De resultaten worden weergegeven voor de twee hoofdgroepen: drijvende en ondergedoken waterplanten. Per groep wordt voor de varianten - nevengeul en twee plassen - in één figuur weergegeven wat de kans is op waterplanten.

In onderstaande afbeelding is het effect voor ondergedoken waterplanten weergegeven.



In onderstaande figuur is het effect op drijvende waterplanten weergegeven.

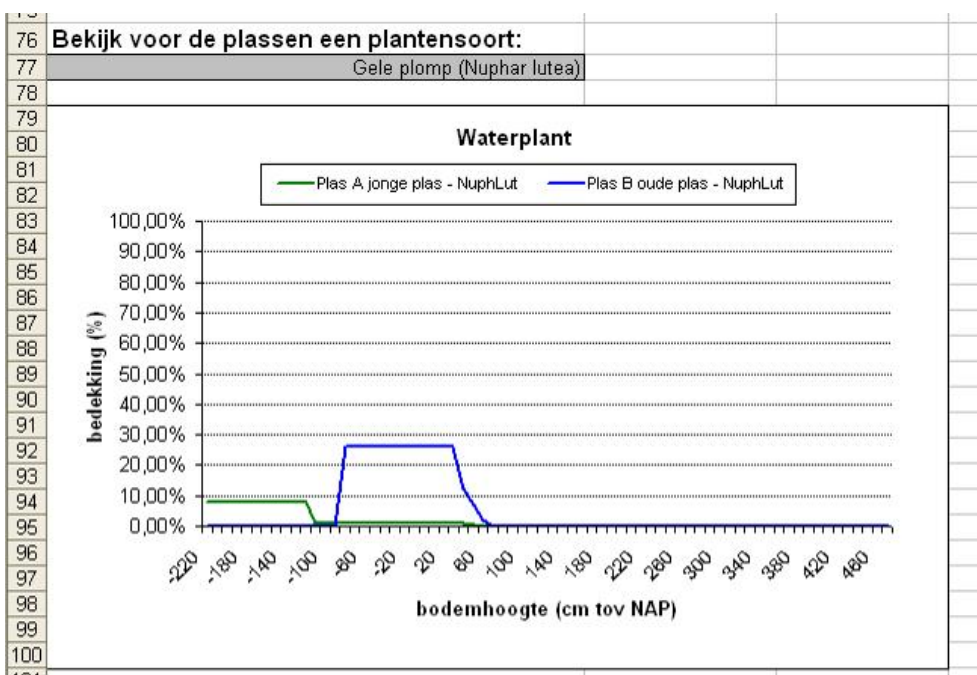


Plas B is duidelijk gunstiger voor drijvende waterplanten.

De berekende bedekkingspercentages zijn schattingen gebaseerd op de peildynamiek in de periode 2001-2009, en betreffen een langjarig gemiddelde. Bij de interpretatie van de resultaten van de KRW-tool moet hiermee rekening worden gehouden. Zo kan een voorspeld bedekkingspercentage (door de KRW-tool) van 50% in werkelijkheid betekenen dat de plas in het ene jaar geheel bedekt is met waterplanten (100% bedekking), terwijl de plas in het daaropvolgende jaar geheel troebel is, en waterplanten geheel afwezig zijn (0% bedekking). De onzekerheid van de voorspelling is voor ondergedoken waterplanten circa 15% en voor drijvende waterplanten circa 25%.

Tenslotte kan voor een vier afzonderlijke soorten worden bekeken wat de geschatte bedekking is over een periode van een aantal jaren. Het gaat dan om

- Gewoon kransblad (*Chara vulgaris*).
- Gele plomp (*Nuphar lutea*).
- Watergentiaan (*Nymphoides peltata*).
- Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*).



Door op het grijze veld te klikken kan een andere soort worden weergegeven.

Naast de soorten kan het droogvalpercentage (gemiddeld over de jaren 2001-2009) en opnieuw de hoofdgroepen ondergedoken en drijvend worden weergegeven. Over het algemeen vind de overgang van 0 naar 100% droogval in een beperkte range plaats. De scherpte van de overgang hangt af van de diepte van de plas, en het bodemtype, afstand van de plas tot de rivier en de peilfluctuaties in de hoofdstream.

Rekenvoorbeeld

Ter illustratie van de werking van de tool een voorbeeld.

Stel er worden bij Deventer in het kader van "Ruimte voor de Rivier" maatregelen genomen. Daarbij moet een keuze worden gemaakt tussen het aanleggen van een nevengeul of het uitgraven van de uiterwaarden met een aantal plassen. De maatregelen hebben niet alleen effect op waterstand ter plaatse, maar ook op de vegetatie. Met behulp van de tool kan worden gekeken wat de effecten zijn van verschillende maatregelen op de kansen voor vestiging van waterplanten.



Voor het beoordelen van wat voor de ontwikkeling van waterplantenrijke systemen de beste maatregel is, voeren we de gegevens in. Deventer ligt ter hoogte van rivierkm 944 aan de IJssel:

3	Locatie		
4	Riviertak		IJssel
5		Begin riviertak	878 km
6		Eind riviertak	1006 km
7	Rivierkm		944 km
8		minimale waterstand in de jaren 1980-2009	104 cm NAP
9		maximale waterstand in de jaren 1980-2009	708 cm NAP
10			
11		ondergrens realistische bodemhoogte	-150 cm NAP
12		bovengrens realistische bodemhoogte	710 cm NAP
13			

Het valt onmiddellijk op dat de peilvariatie bij Deventer behoorlijk groot is. Het verschil tussen de hoogste en de laagste waterstand is iets meer dan 6 meter.

De volgende stap is het invullen van de maatregelen.

Stel dat er in dit geval de keuze moet worden gemaakt tussen het aanleggen van een kleine plas wat verder van de rivier, een grote plas dichtbij de rivier en een nevengeul.

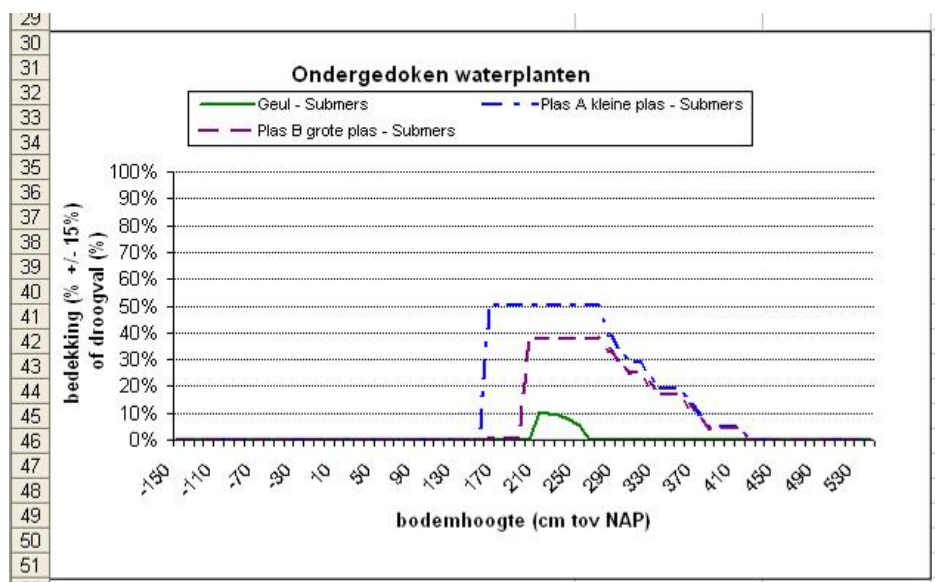
14			
15	variant Geul, Hoofdstroom of Aangetakte Strang	Geul	
16			
17	variant Uiterwaardplas	Plas A	Plas B
18	naam	kleine plas	grote plas
19	oppervlak	0,2	5 ha
20	leeftijd	25	25 jaar
21	afstand tot de rivier	300	20 m
22	samenstelling bodem	1 zand	1 zand
23	hoogte zomerkade / drempel naar rivier	500	500 cm NAP
24		overstromingsdagen/jaar	19
25		overstromingsklasse	2 (2-20 dg/jr)
26			19 dagen/jaar
27			2 (2-20 dg/jr) klasse

Voor geul, hoofdstroom of aangetakte strang hoeft niets te worden ingevuld.

Voor de twee uiterwaardplassen wel. De namen 'kleine plas' en 'grote plas' worden ingevuld. De kleine plas heeft een oppervlak van 0,2 hectare, de grote 5 hectare. De grote plas ligt noodzakelijkerwijs dichterbij de rivier (20 m) dan de kleine plas (300 m). De ondergrond bij Deventer bestaat uit zand. Als de zomerkade wordt gelegd om 500 cm t.o.v. NAP, berekent de tool dat er 19 overstromingsdagen per jaar te verwachten zijn. De plassen vallen daardoor in overstromingsklasse 2.

We zijn geïnteresseerd in de vestiging van waterplanten over een termijn van 25 jaar vanaf nu en vullen dat getal in bij de leeftijd van de plassen.

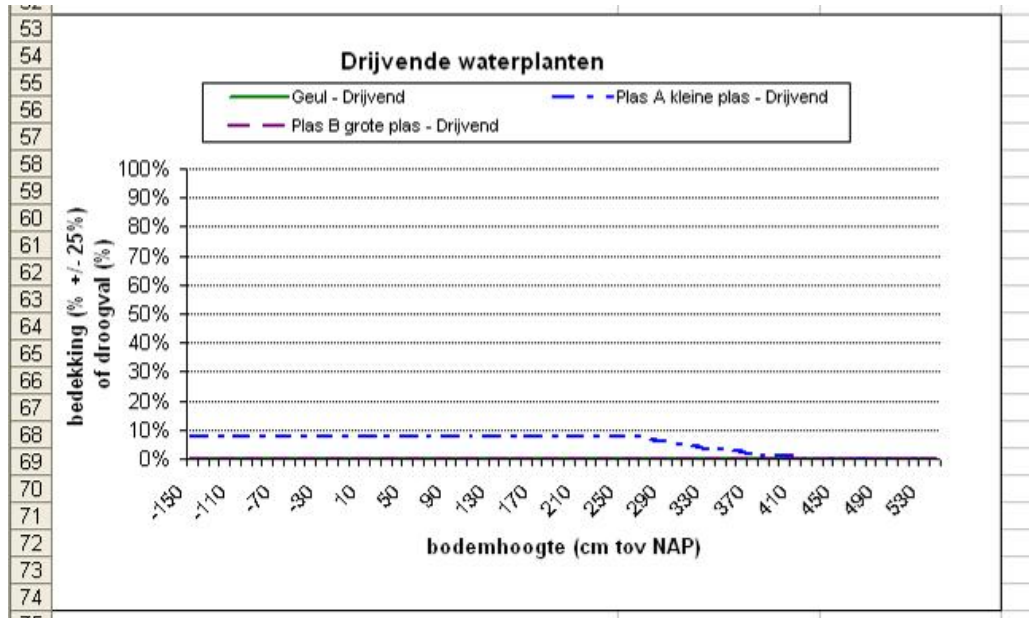
Na het invullen van alle gegevens berekent de tool direct de verwachte bedekkingpercentages voor waterplanten uit. Voor ondergedoken waterplanten ziet de grafiek er als volgt uit:



Uit de grafiek valt op te maken dat: ondergedoken waterplanten:

1. alleen in een geul met bodem tussen 2,1 m NAP en 2,7 m NAP kunnen voorkomen, en dan nog zeer beperkt (tot 10%);
2. de kleine plas qua percentage gunstiger is dan de grote plas (50% tegen 40%);
3. in de kleine plas voorkomen tussen een bodemhoogte van 1,6 en 3,2 m NAP;
4. in de grote plas kunnen voorkomen tussen 1,9 en 3,2 m NAP.

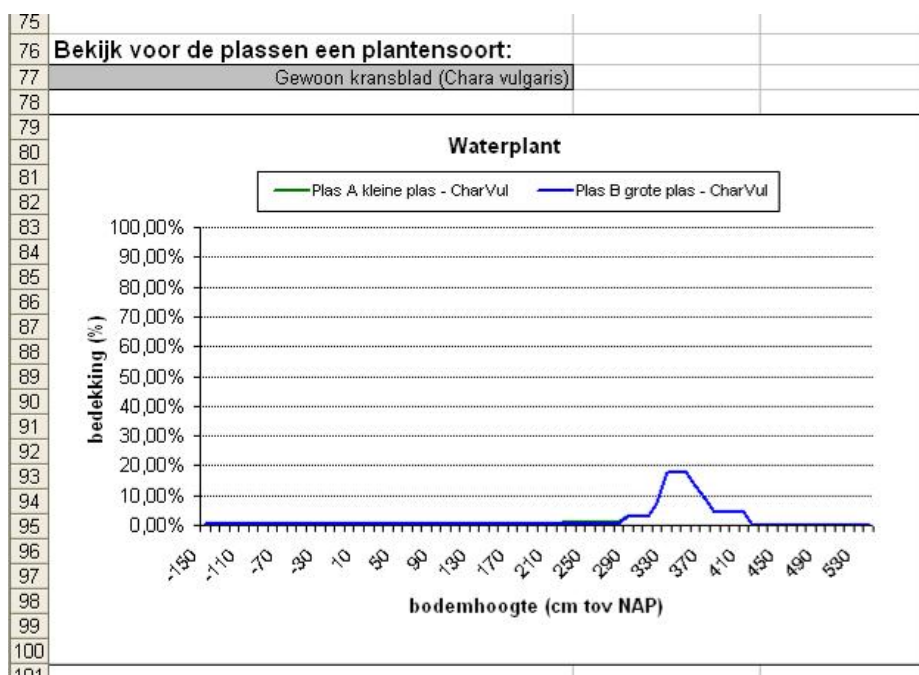
Voor drijvende waterplanten ziet de grafiek er als volgt uit:



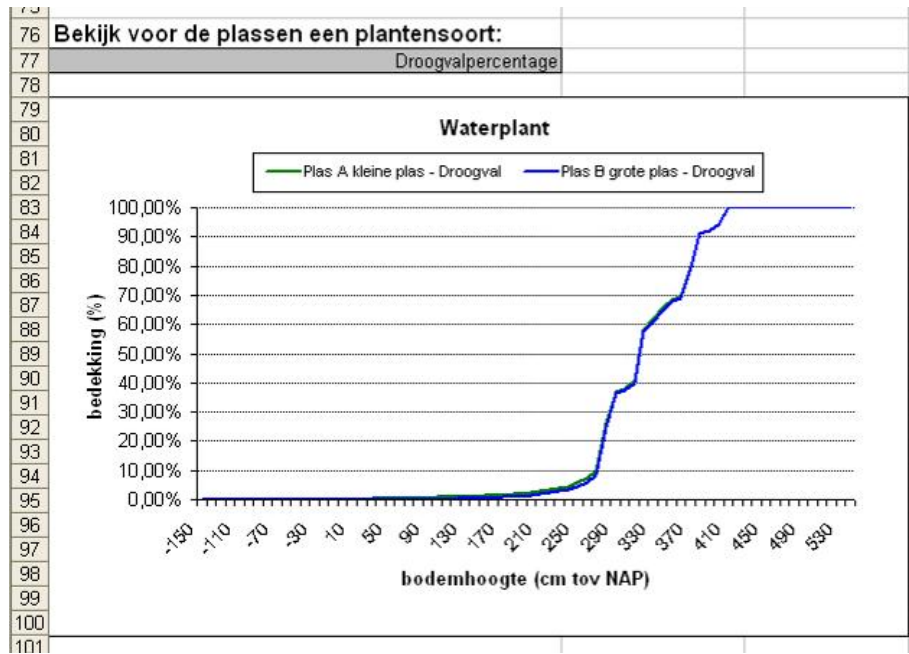
Drijvende waterplanten:

- maken in een geul en in de grote plas geen kans;
- kunnen bij de kleine plas in geringe mate (tot 9%) voorkomen, zolang de bodem maar lager is dan 3,20 NAP;

Er kan ook nog worden gekeken naar een specifieke soort: Gewoon kransblad. De verwachte bedekking is hieronder weergegeven.



Het droogvalpercentage van de plassen is ook interessant om nader te bekijken. De grote plas valt iets eerder droog dan de kleine plas. Dat wordt in dit geval veroorzaakt doordat de plas veel dichterbij de rivier ligt en dus eerder reageert op peildaling in de rivier.

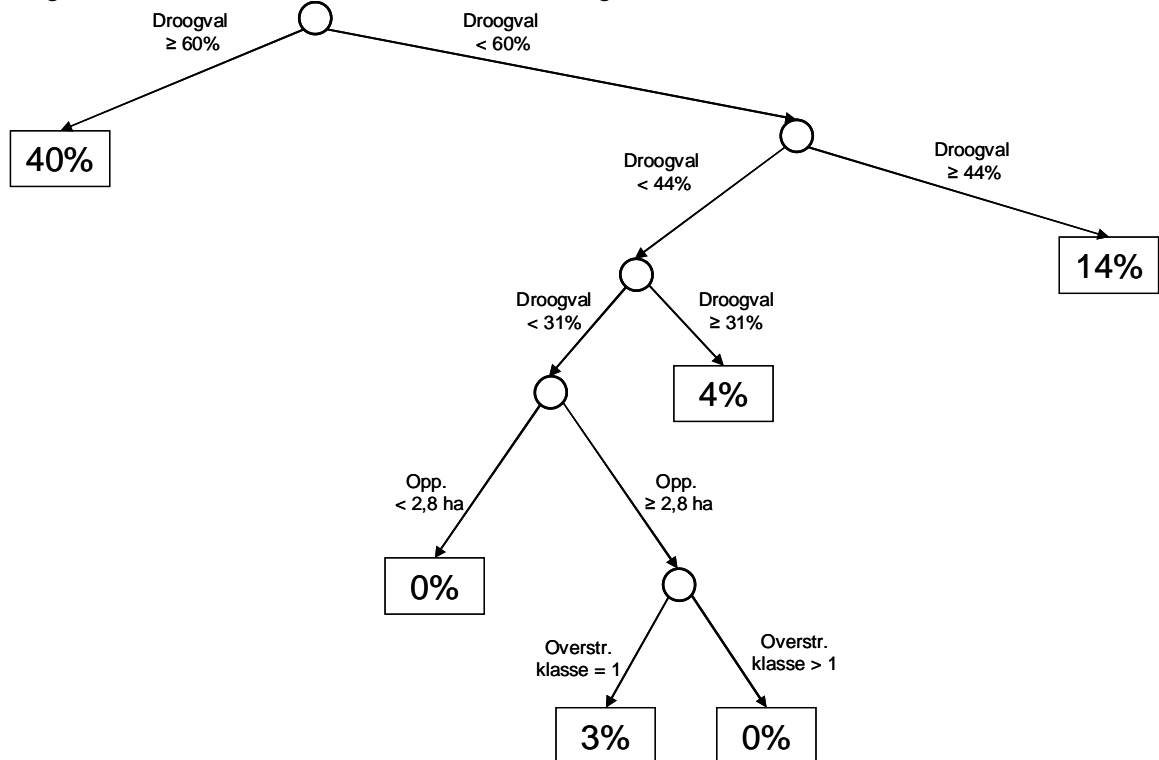


Met het oog op de ontwikkeling van vegetatierijke systemen moet de bodemhoogte van de plas tussen 1,6 m NAP en 3,2 m NAP liggen. Dan zal de bedekking van ondergedoken waterplanten ca 40% zijn en van drijvende waterplanten 9%.

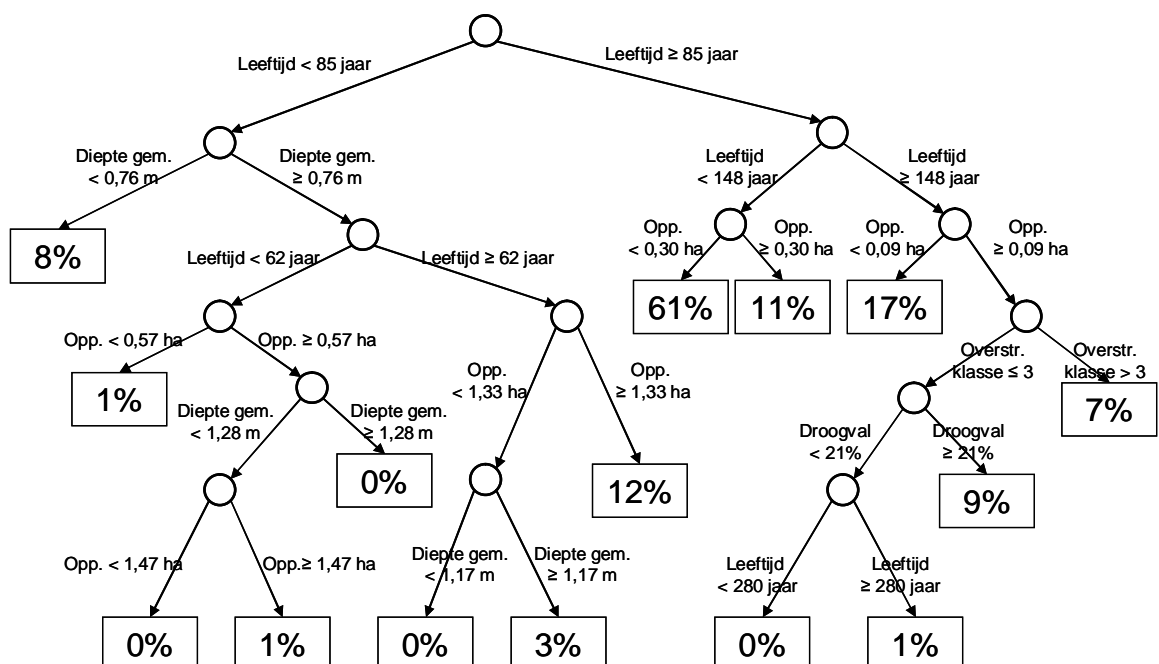
Als men echter vooral geïnteresseerd is in vegetaties met Gewoon Kransblad kan met beter een gemiddelde bodemhoogte tussen 3,3 en 3,5 m NAP aanhouden.

B Regressiebomen voor soorten

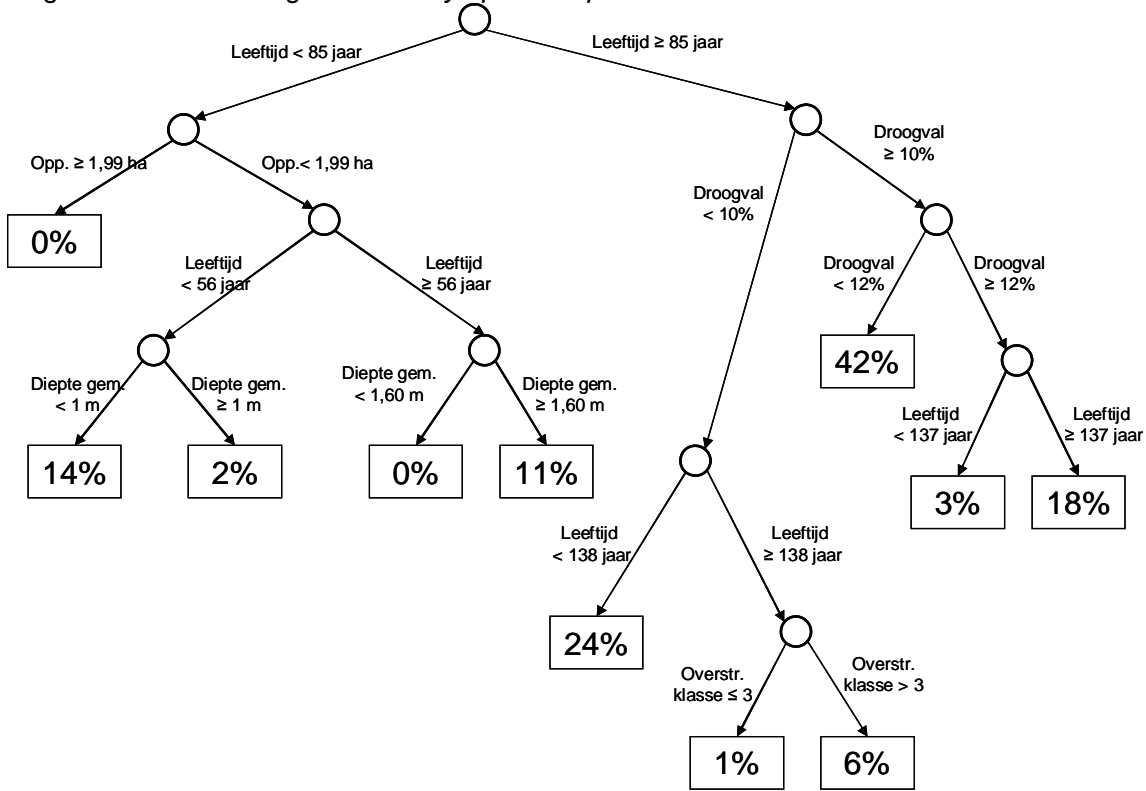
Regressieboom Gewoon kransblad – *Chara vulgaris*



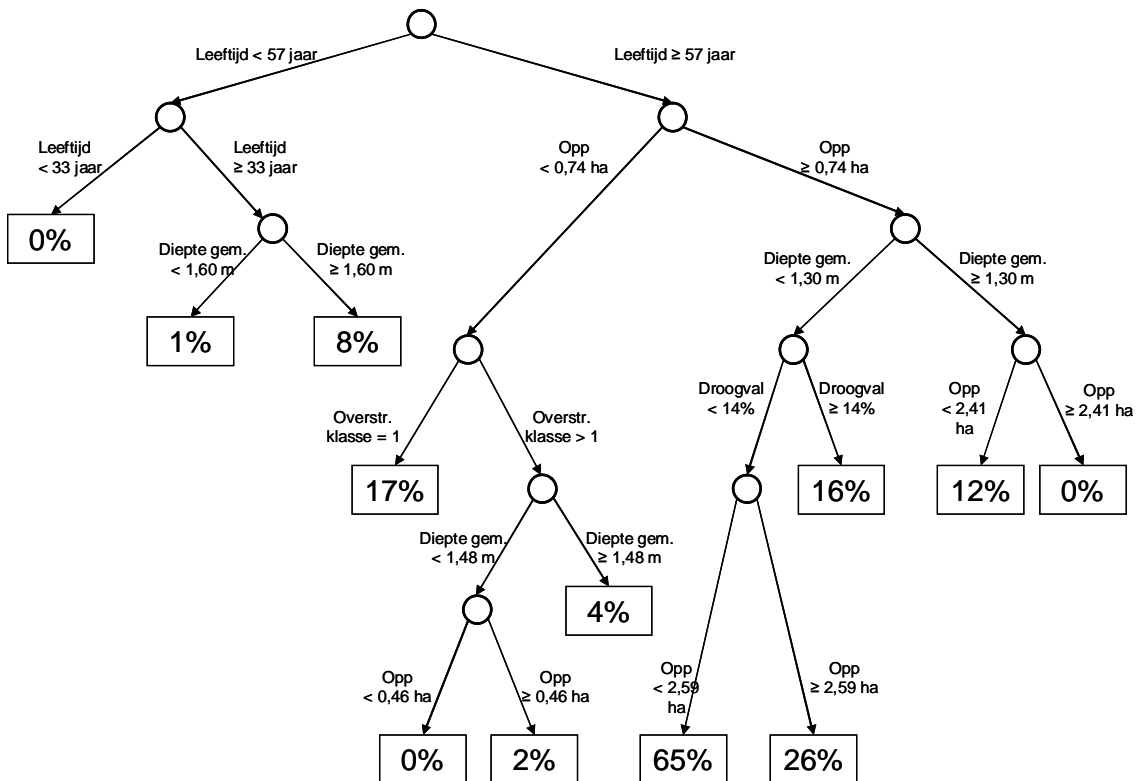
Regressieboom Glanzig fonteinkruid – *Potamogeton lucens*.



Regressieboom Watergentiaan – *Nymphoides peltata*.



Regressieboom Gele plomp – *Nuphar lutea*.



C Toelichting bij Google Earth tool

In de Google Earth tool zijn van ondergedoken en drijfbladplanten de volgende data opgenomen:

- hoofdstroom (gegevens van deze studie uit het jaar 2010);
- eenzijdig aangetakte strangen (vrijwel alle gegevens afkomstig uit het jaar 2010);
- geïsoleerde plassen (gegevens uit de jaren 1999 t/m 2010)

Per plas zijn de volgende gegevens weergegeven:

- X, Y-coördinaat (UTM);
- Datum bemonstering;
- KRW-waardevol: in deze kolom is aangegeven of in de plas een soortenrijke vegetatie voorkomt met soorten die kenmerkend zijn voor rivieren.
- N2000 habitatype: ja = aanwezig; nee = afwezig
- Aanwezigheid van N2000 habitatype H3150 (Meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden);
- Aanwezigheid van N2000 habitatype H3260B (Beken en rivieren met waterplanten)
- Aanwezigheid van N2000 habitatype H3140: Kranswierrijke wateren
- % submers: externe bedekking van ondergedoken waterplanten ten opzichte van het gehele plasoppervlak;
- % nymphaeiden: externe bedekking van nymphaeiden (Gele plomp, Witte waterlelie, Watergentiaan) ten opzichte van het gehele plasoppervlak;
- % emers: externe bedekking van emerse helofytenvegetatie ten opzichte van het gehele plasoppervlak;
- In de daarop volgende kolommen: externe bedekking van de aangetroffen soorten (uitgedrukt als percentage ten opzichte van het gehele plasoppervlak).