

EFFECTEN VAN GRASKARPER OP DE KWALITEIT VAN WATERSYSTEMEN



2018
03

stowa

EFFECTEN VAN GRASKARPER OP DE KWALITEIT VAN WATERSYSTEMEN



COLOFON

UITGAVE

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS | L.A.J. Nagelkerke, Wageningen University & Research, Aquaculture & Fisheries Group | E.T.H.M. Peeters, Wageningen University & Research, Aquatic Ecology & Water Quality Management Group | m.m.v. J. Moonen/ J. van Smeden

PROJECTTEAM | Peter Heuts, STOWA/ Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, *projectleider* | Bas van der Wal, Stowa | Willie van Emmerik, Sportvisserij Nederland | Leo Apon/Huibert van Rossum, Waterschap Hollandse Delta | Marco Beers, Waterschap Brabantse Delta | Peter Paul Schollema, Waterschap Hunze en Aa's | Marianne Wolfs/ Martijn Hokken, Waterschap Zuiderzeeland

WEBSITE | www.stowa.nl

VORMGEVING | Vormgeving Studio B, Nieuwkoop

FOTOGRAFIE | Creative Commons (CC)| Istock | HDSR | Peter Heuts, STOWA

DRUK | DPP, Houten

STOWA | 2018-03 | **ISBN** | 978.90.5773.771.8

AMERSFOORT, JANUARI 2018

COPYRIGHT | Teksten uit dit rapport mogen worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor rapporten in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER | Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

TEN GELEIDE

UITZETTEN VAN GRASKARPER VOOR DE VERWIJDERING VAN WATERVEGETATIE VEREIST EEN TERDEGE AFWEGING.

De waterschappen zijn verantwoordelijk voor de zorg voor oppervlaktewater van goede kwaliteit. Schoon water biedt een leefomgeving voor planten en dieren en is geschikt voor verschillende vormen van gebruik, zoals drinkwaterbereiding en recreatie.

Schoon en helder water bevat van nature een gevarieerde onderwatervegetatie. In Nederland komen echter situaties voor waar in voedselrijk water en/of op een voedselrijke waterbodem waterplanten uitbundig kunnen groeien. In die situaties is soms sprake van woekering van slechts enkele soorten. Dat hindert het overig waterleven, waardoor deze wateren veelal niet voldoen aan de gestelde ecologische kwaliteitscriteria. Ook levert het overlast op voor de doorstroming en beperkt het de mogelijkheden voor recreatie, zoals varen en sportvissen.

In een aantal gevallen wordt daarom besloten waterplanten te verwijderen. De wijze waarop dat het best kan gebeuren is beschreven in de STOWA-publicatie 2017-08 ('Stappenplan aanpak waterplantenoverlast')

Waterschappen wordt regelmatig gevraagd advies te geven als overwogen wordt voor de verwijdering van watervegetatie graskarpers uit te zetten. De Graskarper is een uitheemse vissoort die onder strikte voorwaarden in geïsoleerde wateren mag worden uitgezet, mits de eigenaar daartoe toestemming verleent.

Het is lastig de mate waarin graskarpers waterplanten verwijderen te reguleren, vandaar dat waterbeheerders terughoudend zijn bij het verlenen van een dergelijke toestemming.

In opdracht van de STOWA is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de neveneffecten die het uitzetten van graskarpers kan hebben op de waterkwaliteit.

Het inzetten van graskarpers blijkt ten opzichte van de reguliere vormen van waterplantenverwijdering kosteneffectief te zijn, maar tegelijkertijd ook potentieel bedreigend voor de ecologische en chemische kwaliteit van het water. Het is moeilijk vast te stellen hoeveel graskarpers per hectare uitgezet kunnen worden zonder dat er negatieve effecten optreden, bijvoorbeeld doordat het water troebel wordt en er (blauw)algengroei optreedt of dat er ongewild voor graskarper oneetbare planten gaan woekeren.

Ik hoop dat voorliggend rapport de waterbeheerders van dienst kan zijn bij het behandelen van verzoeken tot het uitzetten van graskarpers in oppervlaktewater.

JOOST BUNTSMA

Directeur STOWA

INHOUDSOPGAVE

	Colofon	2
	Ten geleide	3
H1	SAMENVATTING/SUMMARY	7
H2	AANLEIDING EN CONTEXT	10
2.1	Leeswijzer	10
3.	DOEL	11
3.1	Vraagstelling	11
H4	AANPAK	13
4.1	Literatuurstudie	13
H5	WETENSCHAPPELIJKE ANALYSE	15
5.1	Dieet en voedselgebruik door Graskarper	15
5.1.1	<i>Plantaaardig en dierlijk voedsel</i>	15
5.1.2	<i>Voorkeur voor plantensoorten</i>	16
5.1.3	<i>Voedselconsumptie</i>	17
5.2	Ecologische effecten van Graskarper	17
5.2.1	<i>Effecten op bedekkingsgraad van waterplanten</i>	18
5.2.2	<i>Effecten op de soort samenstelling van macrofyten</i>	21
5.2.3	<i>Effecten op vissen</i>	22
5.2.4	<i>Effecten op macrofauna en zoöplankton</i>	22
5.2.5	<i>Effecten op overige fauna</i>	23
5.2.6	<i>Effecten op de waterkwaliteit</i>	23
5.2.7	<i>Overdracht van ziektes en parasieten</i>	24
5.2.8	<i>Invasiviteit en hybridisatie</i>	24
5.3	Relatie tot Ecologische Sleutelfactoren	25
5.3.1	<i>Habitatgeschiktheid (ESF 4)</i>	25
5.3.2	<i>Verspreiding (ESF 5)</i>	25
5.3.3	<i>Verwijdering (ESF 6)</i>	26
H6	BEANTWOORDING VAN DE DOOR STOWA GESTELDE VRAGEN	27
6.1	Dieet en voedselgebruik door Graskarper	27
6.1.1	<i>Herbivorie Graskarper</i>	27
6.2	Ecologische effecten van Graskarper op wateren	27
6.2.1	<i>Graskarperdichtheid en waterkwaliteit</i>	27
6.2.2	<i>Veranderingen aan het ecosysteem</i>	27
6.2.3	<i>Invloed op biodiversiteit</i>	28
6.3	Effectiviteit en efficiëntie van Graskarper als beheermaatregel voor de beperking van waterplantengroei	28
6.3.1	<i>Gewenste dichtheden van Graskarper</i>	28
6.3.2	<i>Graskarper versus maaien</i>	29
6.4	Positieve en negatieve effecten van Graskarper bij de bestrijding van invasieve exoten	30
6.4.1	<i>Bestrijding van uitheemse waterplanten</i>	30

6.5	Omstandigheden en watertypen waarin het uitzetten van Graskarper een geschikt alternatief is voor mechanisch beheer	33
6.5.1	<i>Voorwaarden waaronder uitzetten van Graskarper mogelijk is</i>	33
6.5.2	<i>Wetgeving</i>	34
6.5.3	<i>Mogelijkheden voor uitzet</i>	34
<hr/>		
H7	ONZEKERHEDEN EN LEEMTES IN KENNIS	35
7.1	Dieet en voedselgebruik door Graskarper	35
7.2	Ecologische effecten van Graskarper op wateren	35
7.3	Effectiviteit en efficiëntie van Graskarper als beheermaatregel voor de beperking van waterplantengroei	36
7.4	Positieve en negatieve effecten van Graskarper bij de bestrijding van invasieve exoten	36
7.5	Omstandigheden en watertypen waarin het uitzetten van Graskarper een geschikt alternatief is voor mechanisch beheer	36
<hr/>		
H8	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	37
<hr/>		
H9	LITERATUUR	38
<hr/>		
	BIJLAGEN	43
	Bijlage A: Startnotitie STOWA	43
	Bijlage B: Wetenschappelijke en Nederlandse namen van organismen	49
	Bijlage C: Zoekopdracht literatuur	51
<hr/>		
	STOWA IN HET KORT	52
<hr/>		



H1 SAMENVATTING/ SUMMARY

SAMENVATTING

In deze literatuurstudie is geëvalueerd wat de effectiviteit en ecologische effecten zijn van het uitzetten van Graskarper (*Ctenopharyngodon idella*) als beheermaatregel om plantengroei te beperken. Daarnaast zijn de effecten van het uitzetten van Graskarper vergeleken met die van maaibeheer.

Volwassen Graskarper blijkt grotendeels herbivoor te zijn (>95% van het volume van de darminhoud bestaat uit planten), maar er wordt ook dierlijk voedsel gegeten. Dit aandeel is groter bij juvenielen en kan bij volwassen dieren toenemen als er weinig geschikt plantaardig voedsel aanwezig is. Grote, volwassen graskarpers eten een heel breed spectrum aan planten, maar ze eten bij voorkeur zachte, niet-vezelige soorten. Bij voedselschaarste zullen echter ook andere planten gegeten worden. De kieskeurigheid neemt met de leeftijd en het formaat van de vis af. Graskarpers zijn niet speciaal geschikt voor het verwijderen van exotische plantensoorten: als de exotische planten goed eetbaar zijn zullen ze die prefereren boven minder eetbare soorten. In omstandigheden waarin woekering van uitsluitend exotische planten voorkomt, kan Graskarper, in voldoende grote dichtheden, de vegetatie wel reduceren.

De grootste ecologische effecten die Graskarper veroorzaakt vinden plaats via het verwijderen van planten. Aangezien graskarpers in staat zijn de volledige vegetatie te verwijderen als hun dichtheid groot genoeg is, kunnen deze effecten zeer negatief zijn voor met planten geassocieerde organismen. Bij gedeeltelijke vegetatieverwijdering zijn de ecologische effecten erg afhankelijk van de precieze kenmerken van het watersysteem en er zal dus altijd enige onzekerheid over de grootte van het effect blijven bestaan. Wel is het bijna altijd zo dat als er meer Graskarper wordt uitgezet, de effecten groter zijn. Dat geldt voor alle niveaus in het ecosysteem.

Het effect van het uitzetten van Graskarper op de chemische waterkwaliteit is sterk wisselend, hoewel in veel studies een consequente toename van de geleidbaarheid en de saliniteit werd gevonden. Dit verschijnsel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de versnelde mineralisatie van voedingsstoffen doordat Graskarper veel onverteerde plantenresten uitscheidt. Die onverteerde plantenresten kunnen ook positief uitwerken op detritus-etende macrofauna, terwijl macrofauna die in de vegetatie leeft negatief zal worden beïnvloed. Een gedeeltelijke verwijdering van de vegetatie door Graskarper kan onder bepaalde omstandigheden positief uitwerken op sommige inheemse vissoorten, omdat die meer ruimte beschikbaar krijgen om te foerageren. Het verwijderen van planten kan echter ook leiden tot het verdwijnen van paaisubstraat voor soorten die juist weer afhankelijk zijn van vegetatie voor het afzetten van hun eieren. Ook op andere soortgroepen is het effect van Graskarper niet eenduidig en lastig te voorspellen.

Meestal is het waterplantenbeheer gericht op gedeeltelijke en niet op volledige verwijdering van de vegetatie. Het is echter zelden mogelijk gebleken om het beheer van waterplanten met Graskarper zo te sturen dat een deel van de ondergedoken waterplanten blijft staan. Het effect van de Graskarper op de waterplantenbedekking is meestal ofwel erg groot, of juist zeer klein. Op basis van Nederlandse experimenten lijkt het 'omslagpunt' tussen geen effect en volledige verwijdering van waterplanten op gemiddeld 170 graskarpers per hectare te liggen, maar met een grote bandbreedte van 100-230 exemplaren per hectare. Er was hierbij geen verschil tussen kleine (< 40cm) en grote graskarpers aan te tonen. Beheerders zullen dan ook de dichtheid en

groottesamenstelling van de uit te zetten graskarpers nauwkeurig moeten afstemmen op de kenmerken van het betreffende water. Bovendien zal de mate van verwijdering ook moeten worden afgestemd op de functie en de gebruikersgroep van het betreffende water. Er moet daarbij in overweging worden genomen dat de gedeeltelijke verwijdering van waterplanten het risico met zich mee kan brengen dat andere, ongewilde plantensoorten een concurrentievoordeel krijgen en kunnen gaan woekeren.

Uit een kostenvergelijking blijkt dat verwijdering van waterplantengroei met Graskarper kosteneffectiever kan zijn dan maaien. Het is waarschijnlijk dat de grote hoeveelheid onverteerde plantenresten uit de uitwerpselen van Graskarper leidt tot extra slibopbouw. De hoeveelheid hiervan lijkt beperkt, maar is niet met zekerheid vast te stellen. De kosten voor het verwijderen van extra slib en de aanleg en het onderhoud van door de wet verplichte hekwerken om het ontsnappen van Graskarper te voorkomen kunnen het kostenvoordeel van maaien verkleinen. Voor een gewogen keuze tussen maaien en het toepassen van Graskarper zouden, naast de evaluatie van ecologische effecten, ook dergelijke kosten meegenomen moeten worden.

Graskarper mag in Nederland slechts in hydraulisch geïsoleerde wateren worden uitgezet, of in wateren die kunnen worden geïsoleerd met een hekwerk. Daarom kan Graskarper het meest kansrijk worden ingezet in geïsoleerde wateren, als aan de wettelijke eisen wordt voldaan, als er geen aanvullende ecologische doelen worden gesteld en als er een ernstige woekering plaatsvindt met waterplanten die met een redelijke mate van zekerheid door Graskarper zullen worden gegeten.

SUMMARY

In this literature study the effectivity and ecological effects of the use of Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as a management tool for vegetation control were evaluated. The effects of the use of Grass carp were also compared to mechanical vegetation control measures.

Adult Grass carp is largely herbivorous (>95% of the intestinal content volume consists of plant material), but also eats animal matter. The proportion of animal matter is larger in juvenile fish and can increase in adults when there is little suitable vegetable food. Large, adult Grass carp eat a broad range of plants, but they prefer soft, non-fibrous species. In case of food scarcity they will also eat less-preferred plants and preferences for particular plants becomes less strict with age and size. Grass carp are not particularly apt for eating alien plant species: if these plants are palatable, they will be preferred over other, less-palatable species, whether alien or native. If there is a prolific growth of exclusively alien vegetation, Grass carp, in sufficiently high densities, will be able to reduce it.

The largest ecological effects of Grass carp take place through its ability to reduce the vegetation. As Grass carp are able to remove the complete vegetation if their density is high, these effects can be very negative for plant-associated organisms. In case of partial reduction of the vegetation the ecological effects are very dependent on the particular characteristics of the water system and some uncertainty on the size of these effects will remain. In general it can be stated that the larger the density, the larger the ecological effects. This pertains to all levels of the ecosystem.

The effect of applying Grass carp on the chemical water quality is variable, although in many studies a consistent increase of conductivity and salinity was found. This phenomenon is appa-

rently caused by the increased mineralisation rates of nutrients, because of the large amount of undigested plant remains excreted by Grass carp. Such undigested remains can exert a positive effect on detritivorous macro-fauna, while macro-fauna living in the vegetation can be affected negatively. A partial removal of the vegetation can, under some circumstances, have a positive effect on some native fish species, as they can acquire more foraging space. However, the removal of plants can also lead to the reduction of spawning substratum for species that are dependent on vegetation for depositing their eggs. Also for other animal groups the effect of Grass carp is ambiguous and difficult to predict.

In most cases the management of aquatic vegetation is aiming at a partial and not at a complete removal of water plants. However, it is very seldom that the management of aquatic vegetation with Grass carp was successful in leaving part of the vegetation in place. Usually the effect of Grass carp was either very large, or almost negligible. Based on a series of experiments in The Netherlands the 'tipping point' between no effect and the complete removal of vegetation appears to be at an average of 170 Grass carp per hectare, but with broad confidence limits ranging from 100–230 individuals per hectare. A difference between small (<40 cm) and large Grass carp could not be proven. Managers will therefore need to carefully adjust the density and size of Grass carp to the characteristics of the water body. Moreover, the extent of water plant removal needs to be adjusted to the function and users of the water body in case. It should be noted that the partial removal of water plants could lead to the risk that other, unwanted plant species could have a competitive advantage leading to their proliferation.

The application of Grass carp appears to be potentially more cost-effective than mechanical plant removal. It is likely that the large amount of undigested plant material from the faeces of Grass carp could lead to extra siltation. The rate of this siltation is unknown, but appears to be limited. The extra costs involved in removing a larger amount of silt and the construction and upkeep of fences required for preventing Grass carp to escape, may limit the cost-effectiveness of mechanical plant removal. For a balanced choice between mechanical tools and the application of Grass carp to remove vegetation both ecological effects and all costs should be evaluated.

In the Netherlands Grass carp can only legally be applied in hydraulically isolated water bodies, or in water bodies that can be isolated by appropriate fencing. Therefore the highest probability of applying Grass carp with some success will be in isolated water bodies, where all legal requirements are met, where there are no additional ecological goals, and where there is a proliferation of water plants that are palatable to Grass carp.

H2 AANLEIDING EN CONTEXT

De aanleiding voor dit onderzoek is de vraag van de Nederlandse waterschappen en STOWA naar de mogelijke ecologische effecten van het uitzetten van Graskarper (*Ctenopharyngodon idella*) als beheermaatregel om plantengroei te beperken. Eveneens is verzocht inzicht te geven in de effectiviteit en efficiëntie van het uitzetten van Graskarper als beheermaatregel. Het is de uitdrukkelijke bedoeling dat de te evalueren ecologische effecten van Graskarper zich niet zullen beperken tot eutrofiëringsaspecten en de directe effecten op de vegetatie. De effecten op andere niveaus van het aquatische voedselweb worden nadrukkelijk meegenomen. Het raamwerk van de Ecologische Sleutelfactoren (ESF) zal hierbij als uitgangspunt dienen. Indien mogelijk wordt aangegeven in welke richting de biologische kwaliteitselementen, zoals die in de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn geformuleerd (vispopulatie, kleine waterdieren, waterplanten en algen), zich zullen ontwikkelen na de introductie van Graskarper.

2.1. LEESWIJZER

In dit rapport worden doel en vraagstelling toegelicht in hoofdstuk 3 en de aanpak in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de wetenschappelijke analyse van de ecologische effecten van de uitzet van Graskarper, terwijl hoofdstuk 6 de afzonderlijke vragen van STOWA behandelt. Deze hoofdstukken vormen de kern van dit rapport. Hoofdstuk 7 brengt de leemtes in kennis en onzekerheden in beeld en hoofdstuk 8 geeft de algemene conclusies. Hoofdstuk 9 ten slotte geeft een overzicht van de gebruikte literatuur.

Als bijlage A is de startnotitie van STOWA met de opdrachtomschrijving opgenomen. In bijlage B worden de Nederlandse en wetenschappelijke namen van alle in de tekst voorkomende organismen gegeven. Deze namen worden in het rapport in het Nederlands gegeven, maar bij de eerste keer dat ze genoemd worden, wordt tevens de wetenschappelijke naam vermeld. Bijlage C bevat de gestandaardiseerde zoekopdracht die gebruikt is om literatuur in de bibliotheekdatabase te vinden.

H3 DOEL

Het doel van dit literatuuronderzoek is om een overzicht en synthese te geven van bevindingen uit de literatuur met betrekking tot:

- de potentiële ecologische effecten op de wateren waarin Graskarper wordt uitgezet;
- de effectiviteit en efficiëntie van de inzet van Graskarper als beheermaatregel voor de beperking van waterplantengroei;
- de omstandigheden en de watertypen waarin het uitzetten van Graskarper een geschikt alternatief is voor mechanisch beheer.

3.1 VRAAGSTELLING

In de startnotitie van STOWA (zie *Bijlage A*) wordt een aantal vragen gesteld die de leidraad vormen voor dit rapport. Deze vragen zijn de volgende:

- Is Graskarper 100% herbivoor?
- Is het mogelijk om dichtheden Graskarper vast te stellen die geen negatief effect hebben op de waterkwaliteit en de ontwikkeling van gewenste waterplanten, maar wel meer open water (minder woekerende planten) bieden en leiden tot een lagere benodigde maai-intensiteit? Zo ja, wat zijn die dichtheden of hoe kunnen we die vaststellen?
- In hoeverre is Graskarper in staat om de watervegetatie dusdanig te reduceren dat daardoor het aquatisch ecosysteem verandert?
- Wat is de invloed van graskarpers op de (inheemse) biodiversiteit (macrofauna, visstand, waterplanten-etende vogels etc.) en waterkwaliteit (verandering trofisch niveau en voedselweb)?
- Zijn er gewenste dichtheden Graskarper vast te stellen en te beheren? Bij welke dichtheden Graskarper wordt de vegetatie zodanig teruggedrongen dat maaien niet/minder nodig is en vissen (hengelsport) goed mogelijk is, zonder dat er negatieve gevolgen zijn voor de waterkwaliteit en voor de KRW-beoordeling voor soortensamenstelling macrofyten?
- Wat zijn in geïsoleerde wateren de voor- en nadelen van Graskarper ten opzichte van maaien?
- In welke gevallen kan Graskarper ingezet worden voor de bestrijding van uitheemse waterplanten?
- Kan Graskarper worden uitgezet zonder dat dit strijdig is met de werkzaamheden van de waterschappen (KRW, wetgeving) en onder welke voorwaarden?
- Wanneer is het uitzetten van Graskarper strijdig met wetgeving?
- In welk deel van het Nederlandse oppervlaktewater is uitzet mogelijk en zinvol?

Deze 'STOWA-vragen' zijn gecategoriseerd in de volgende *hoofdonderwerpen* die in nader detail zijn uitgewerkt:

1. Dieet en voedselgebruik door Graskarper;
2. Ecologische effecten van Graskarper op wateren;
3. Effectiviteit en efficiëntie van Graskarper als beheermaatregel voor de beperking van waterplantengroei;
4. Positieve en negatieve effecten van Graskarper bij de bestrijding van invasieve exoten;
5. Omstandigheden en watertypen waarin het uitzetten van Graskarper een geschikt alternatief is voor mechanisch beheer.



H4 AANPAK

4.1 LITERATUURSTUDIE

De Scopus (www.elsevier.com/solutions/scopus) en Ovid (www.ovid.com) literatuur-databases zijn doorzocht via de bibliotheek van Wageningen University & Research. Er is een gestandaardiseerde zoekopdracht (*Bijlage C*) gebruikt, waarbij de nadruk lag op wetenschappelijke publicaties ('double-refereed'), maar ook relevante rapporten ('grijze literatuur') zijn meegenomen. De zoekopdracht was gericht op literatuur vanaf 2000, maar publicaties van voor 2000 zijn eveneens meegenomen als ze een relevante toevoeging vormden. Zoekresultaten zijn bijeengebracht in Endnote en duplicaten verwijderd. Dit leverde 240 publicaties op. Alle publicaties zijn (m.n. op titel en sleutelwoorden) beoordeeld op hun relevantie m.b.t. de vraagstelling en hoofdonderwerpen van deze studie. Daarna zijn irrelevante publicaties verwijderd (dit betrof voornamelijk publicaties over productie in aquacultuur en over de chemische samenstelling van graskarpervoedsel). Publicaties in talen anders dan Nederlands, Engels, Frans en Duits zijn niet meegenomen. Daarnaast zijn publicaties gebruikt die via Stowa (Peter Heuts) en Sportvisserij Nederland (Willie van Emmerik) zijn aangeleverd. Na handmatige selectie en eventuele incidentele toevoegingen van publicaties van buiten de zoekopdracht bleven 196 relevante publicaties over.

Van elk van deze publicaties is vastgesteld welke van de hoofdonderwerpen en 'STOWA-vragen' erin worden behandeld. Aangezien niet alle publicaties in detail konden worden bestudeerd is er een prioritering aangebracht op basis van:

- Aantal behandelde vragen en onderwerpen (waarbij publicaties die meer, of op een meer geïntegreerde manier onderwerpen behandelen, zoals wetenschappelijke reviews, een grotere prioriteit kregen)
- Publicatiejaar (recentere publicaties kregen grotere prioriteit)
- Oorspronkelijkheid (primaire bronnen, d.w.z. publicaties die nieuw wetenschappelijk onderzoek uit experimenten of veldwerk rapporteerden kregen grotere prioriteit)
- Type publicatie (publicaties in gerenommeerde vaktijdschriften kregen grotere prioriteit).

Deze prioriteringsregels konden tot tegenstrijdige resultaten leiden, zodat nu en dan arbitraire beslissingen moesten worden genomen. Uiteindelijk zijn 80 publicaties in detail bestudeerd. Ieder van de hoofdonderwerpen is bestudeerd in 17-30 publicaties met uitzondering van de vergelijking van het gebruik van Graskarper met maaibeheer (*hoofdonderwerp 5*). De literatuur daarover was heel beperkt (4 publicaties).

Voor ieder van de geselecteerde publicaties zijn vervolgens systematisch de volgende aspecten geregistreerd:

- Auteur
- Publicatiejaar
- Referentienummer
- Titel
- Relatie met de hoofdonderwerpen
- Relatie met de 'STOWA'-vragen
- Aantal vragen/ onderwerpen dat wordt behandeld
- Type studie (experiment, veldstudie, literatuur-review)
- Plantensoort
- Levensstadium Graskarper

- Grootte en gewicht van de Graskarper
- Dichtheid van uitzet
- Type water
- Land/locatie
- Belangrijkste conclusies
- Eventuele kengetallen
- Overig commentaar

H5 WETENSCHAPPELIJKE ANALYSE

In dit deel worden dieet, voedselgebruik en ecologische effecten van Graskarper in detail bediscussieerd en, waar mogelijk, de relatie tot een aantal Ecologische Sleutelfactoren beschreven.

5.1 DIEET EN VOEDSELGEBRUIK DOOR GRASKARPER

5.1.1 Plantaardig en dierlijk voedsel

Graskarper staat bekend als een gespecialiseerde planteneter en grotere exemplaren (>ca. 20 cm¹) zijn bijna volledig herbivoor (Shireman & Smith, 1983; Werkgroep Graskarper N.R.L.O., 1984; Cudmore & Mandrak, 2004; Pípalová, 2006; Dorenbosch & Bakker, 2012). Deze studies rapporteren echter ook dat Graskarper naast planten altijd nog een kleine hoeveelheid dierlijk voedsel consumeert. Dorenbosch & Bakker (2012) beschouwen Graskarper zelfs primair als een omnivore vis, maar met een grote afhankelijkheid van planten en een weinig flexibel dieet. Het feit dat Graskarper een relatief korte darm heeft (ca. tweeënhalf keer de lichaamslengte) vergeleken met de nauwverwante en gespecialiseerde herbivore Zilverkarper (*Hypophthalmichthys molitrix*), die een darm van 12 maal de lichaamslengte heeft, wijst eveneens op een beperkte specialisatie voor herbivorie (Cross, 1969).

Als graskarperbroed uit het ei komt is het zeker nog niet herbivoor en leeft het van kleine dierlijke organismen. Naarmate de vis ouder wordt bestaat zijn dieet meer en meer uit plantaardig materiaal (Chilton & Muoneke, 1992). Details over wat precies wanneer wordt gegeten tijdens het opgroeien van Graskarper verschillen per studie en zijn afhankelijk van de geografische locatie van de studie, het watertype en of het een veld- of een experimentele studie betreft. Zo wordt de lengte waarop Graskarper van een actieve predator verandert in een planteneter verschillend gerapporteerd. Graskarper zou vanaf een lengte van 25 mm voor het eerst planten (draadalgen) consumeren (Pípalová, 2006), maar Chilton & Muoneke (1992) rapporteren dat Graskarper tot een lengte van 3-4 cm actief blijft jagen op dierlijk voedsel. Fedorenko & Fraser (1978) vatten de ontwikkeling van het dieet met het levensstadium onder natuurlijke omstandigheden als volgt samen. Het broed van Graskarper eet rotiferen, infusoriën, zoöplankton en wat fytoplankton. Kleine juvenielen eten zoöplankton, kleine kreeftachtigen (waaronder amfipoden), chironomidenlarven en tubifex. Grotere juvenielen eten kreeftachtigen (inclusief amfipoden), chironomidenlarven, kroos en zachte planten. Sub-adulten eten zachte waterplanten en scheuten van waterplanten, maar ook wat dierlijk materiaal. Adulte exemplaren eten voor meer dan 95% macrofyten. Een Tsjechisch onderzoek met Graskarper van één jaar oud bevestigt dat ze dierlijk voedsel nodig hebben om te groeien. Op een dieet van alleen kroos, een energierijke plantaardige voedselbron, was Graskarper in dit experiment niet in staat tot significante groei (Pípalová, 2003). Overigens is ook waargenomen dat Graskarper soms vislarven (Chilton & Muoneke, 1992; Cudmore & Mandrak, 2004) en amfibieënlarven eet (Ade e.a., 2010).

Als zowel dierlijk als plantaardig voedsel aanwezig is, dan zal volwassen Graskarper de voorkeur geven aan plantaardig materiaal, maar ook dan komt consumptie van dierlijk materiaal nog voor (Shireman & Smith, 1983; Dorenbosch & Bakker, 2012). De hoeveelheid dierlijk voedsel zal groter zijn als er geen of weinig planten beschikbaar zijn (Forester & Avault, 1978; Cud-

¹ De waarde van ca. 20 cm waarboven Graskarper nagenoeg geheel herbivoor zou zijn wordt genoemd door Werkgroep Graskarper N.R.L.O. (1984) en gesuggereerd door Shireman & Smith (1983), maar wordt verder niet expliciet genoemd. Er wordt meestal verwezen naar 'volwassen Graskarper'.

more & Mandrak, 2004). Bij een Amerikaans onderzoek waarbij het effect van 17-37 cm grote Graskarper op rivierkreeften werd getest, bleek dat op het moment dat planten schaars werden de maaginhoud van Graskarper voor 80-100% uit dierlijk materiaal bestond, vooral watervlooiën (*Cladocera*) en schrijvertjes (kevers van de familie *Gyrinidae*) en slechts incidenteel rivierkreeften. Op het moment dat er nog wel planten aanwezig waren werden ook schrijvertjes gegeten en aangezien dit goede zwemmers zijn is de inname dus waarschijnlijk actief gebeurd en niet per ongeluk samen met plantaardig materiaal (Forester, 1978). Overigens wordt de hoeveelheid dierlijk materiaal die wordt geconsumeerd mede bepaald door andere vissoorten in het systeem. Zo werd in een Amerikaanse studie aangetoond dat de hoeveelheid insecten in de darm van Graskarper van iets meer dan een jaar oud afnam van 18 naar 9% als er naast Graskarper nog andere vissoorten aanwezig waren (Kilgen & Smitherman, 1971).

5.1.2 Voorkeur voor plantensoorten

Graskarper kan veel verschillende soorten planten eten (Van Zon, 1977; van Zon e.a., 1978; Pípalová, 2006; Dibble & Kovalenko, 2009). Van Zon (1977) meldt dat meer dan 175 soorten als voedsel van Graskarper zijn vastgesteld. Graskarper is geen strikte specialist, maar geeft wel de voorkeur aan planten die als meest 'smakelijk' ('palatable' in de Engelstalige literatuur) worden beschouwd (Dibble & Kovalenko, 2009). Die smakelijkheid hangt met name samen met de kauwbaarheid (vezeligheid en chemische samenstelling) van de planten (Leslie e.a., 1987; Bonar e.a., 1990; Dibble & Kovalenko, 2009).

Sommige planten worden meestal wel goed gegeten, zoals Grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*) en eendenkroossoorten (*Lemna* spp.) (Catarino, 1997). Ook de groenalg *Cladophora globulina*, Naaldgras, (*Eleocharis acicularis*), Hydrilla (*Hydrilla* spp.) en fonteinkruiden (*Potamogeton* spp.) worden graag gegeten (Van Zon, 1977; Pípalová, 2002; Dibble & Kovalenko, 2009). Daarnaast zijn er planten die meestal worden vermeden, zoals planten met ruige bladeren (o.a. Krabben-scheer, *Stratiotes aloides*) of met grote drijfbladen (waterlelieachtigen, o.a. *Nymphaea* spp. en *Nuphar* spp.) en planten met een sterke smaak (o.a. Waterpeper, *Polygonum hydropiper* en water-ranonkels, *Ranunculus* spp.). Ook vederkruiden (*Myriophyllum* spp.) en lisdoddes (*Typha* spp.) worden liever niet gegeten (Van Zon, 1977; Dibble & Kovalenko, 2009; Yu e.a., 2016). Het vermijden van waterplanten zou ook veroorzaakt kunnen worden door bestanddelen die foerageren tegengaan zoals alkaloiden, flavonoiden, steroiden, saponines, fenolen (inclusief tannines) en glucosinolaten (Lodge, 1991). Met name tannines verminderen de verteerbaarheid van eiwitten in planten (Mitchell, 1974). De leeftijd van de plant speelt hierbij ook een rol, omdat het gehalte aan tannines toeneemt met leeftijd van de plant (Mitchell, 1974).

Zelfs als dezelfde plantensoorten wordt aangeboden, dan nog kan de voorkeur van Graskarper variëren afhankelijk van abiotische factoren, zoals temperatuur, saliniteit en de chemische samenstelling van het water (Dibble & Kovalenko, 2009). Bij lagere temperaturen worden voornamelijk zachte planten geconsumeerd. In Nederland zijn het bijvoorbeeld meestal de draad-algen die als eerste worden weggegeten tijdens het voorjaar, terwijl boven de 20°C deze voorkeur niet meer aanwezig lijkt te zijn (Van Zon, 1977). De chemische samenstelling van het water en de waterbodem hebben potentieel effect op de samenstelling van de plantenweefsels, wat de voorkeur van Graskarper kan beïnvloeden. In een vergelijkende studie in drie Noord-Amerikaanse meren werd gevonden dat het gehalte aan calcium en lignine een positief effect had op de consumptie van waterpest, terwijl het gehalte aan ijzer, kiezelzuur en cellulose een negatief effect hadden (Bonar e.a., 1990). Het is zelfs mogelijk dat Graskarper juist op waterplanten foerageert die zijn bedekt met algen omdat die op hun beurt meer proteïne bevatten, maar ook minder cellulose en lignine (Petr, 2000).

Selectiviteit voor plantensoorten is sterker bij kleine dan bij grote graskarpers. Bij afwezigheid van een voorkeursplant eet grote Graskarper ook minder preferente soorten (Fedorenko & Fraser, 1978) en zelfs vezelige macrofyten. Waterhyacint (*Eichornia crassipes*) en lisdoddes worden ook door grote exemplaren meestal vermeden, maar Waterhyacint wordt door Graskarper vaak wel ontworteld, omdat ze de plant proeven, maar verder niet consumeren (Van Zon, 1977; Petr, 2000). Een uitgebreid overzicht van de voorkeur van Graskarper en de variabiliteit die daarbij soms wordt gevonden is te vinden in Peters & van Emmerik (2016).

Er zijn overigens geen aanwijzingen dat Graskarper een voorkeur voor in- of uitheemse macrofyten zou hebben (Parker & Hay, 2005). De voorkeur lijkt alleen gebaseerd te zijn op de biologische eigenschappen en weefseleigenschappen van de plant zoals hiervoor beschreven. Graskarper kan exotische planten bestrijden als het een voorkeursplant betreft. Een voorbeeld hiervan is de verwijdering van Hydrilla in een meer in Nieuw Zeeland (Hofstra & Clayton, 2014), wat leidde tot een toename van inheemse plantensoorten.

5.1.3 Voedselconsumptie

De voedselconsumptiesnelheid van Graskarper kan sterk variëren en is afhankelijk van de leeftijd en formaat van de vis (Leslie e.a., 1987) en de milieuomstandigheden zoals temperatuur, saliniteit en het voedselaanbod (Chilton & Muoneke, 1992).

Er worden consumptiewaarden tot 300% van het lichaamsgewicht per dag genoemd, maar waarden van ca. 50% bij 20°C en van 100-120% bij 22-33°C lijken veel vaker voor te komen (Chilton & Muoneke, 1992). De consumptiesnelheid neemt af met de grootte van Graskarper (Jordan, 2003), omdat de metabolische behoefte en de consumptie niet lineair toenemen met het lichaamsgewicht, maar met het gewicht tot de macht 0,8: het metabolisch gewicht (Huisman & Valentijn, 1981). Dat betekent dat grote graskarpers relatief minder energie per lichaamsgewicht nodig hebben en daarom ook per eenheid van lichaamsgewicht minder zullen eten (bij een verdubbeling van het lichaamsgewicht zal de energiebehoefte $2^{0,8} \approx 1,74$ keer toenemen).

Individueel kleiner dan 40 cm kunnen dagelijks tot 200% van hun lichaamsgewicht eten, dit percentage neemt af met de leeftijd van de vis (Jordan, 2003). Shireman & Maceina (1981) rapporteren dat in een meer in Florida grote Graskarper van meer dan 6 kg lichaamsgewicht slechts 25-28% van hun lichaamsgewicht per dag aan Hydrilla aten.

De consumptiesnelheid neemt toe met de temperatuur (Zonderwijk, 1985). Beneden 8°C vindt er nauwelijks voedselopname plaats (Michewicz e.a., 1972): deze start bij 10-16°C (Pípalová, 2006). Vanaf 12°C worden er vooral zachte waterplanten gegeten (van Zon e.a., 1978). Voedselopname wordt pas substantieel rond de 14°C (Chilton & Muoneke, 1992). Bij een watertemperatuur van 21-26°C is het voedselgebruik optimaal (Pípalová, 2006). Een plotselinge daling van de temperatuur tot onder 16°C zorgt ervoor dat de voedselopname stopt (Pípalová, 2006). Saliniteit heeft een negatief effect op de voedselopname van deze zoetwatervis, zelfs als deze nog ver onder de letale concentratie is. Van Zon (1977) rapporteerde een afname van ca. 38% bij het verhogen van de saliniteit van 10 mg Cl-L⁻¹ tot concentraties van 500-1500 mg Cl-L⁻¹.

5.2 ECOLOGISCHE EFFECTEN VAN GRASKARPER

Na het introduceren van exoten kunnen er verschillende ecologische effecten optreden zoals predatie, habitatdegradatie, competitie om voedselbronnen, hybridisatie en het overbrengen van ziektes/parasieten. Deze effecten moeten niet geïsoleerd worden gezien maar als geheel zodat het effect op het gehele ecosysteem kan worden bepaald (Gozlan e.a., 2010). De (potentiële) impact van Graskarper op het ecosysteem is in vergelijking met andere exoten in Europa

hoog (Schiphouwer e.a., 2014; van der Veer & Nentwig, 2015). Volgens van der Veer & Nentwig (2015) kan de volgende hiërarchie in de impact van Graskarper worden aangebracht: 1) herbivorie; 2) verandering van ecosysteemkenmerken; 3) competitie met inheemse soorten; 4) overdracht van ziektes en parasieten; 5) predatie en hybridisatie met andere vissoorten.

Herbivoren zoals Graskarper kunnen effect hebben op het voorkomen en de soortensamenstelling van waterplanten door foerageren en bioturbatie, maar ook hebben ze effect op de nutriëntencyclus, primaire productie en transporteren ze nutriënten en broedknoppen (Bakker e.a., 2016). Effecten van de Graskarper op andere fauna, de waterkwaliteit en het ecosysteem in bredere zin hangen vooral samen met de mate van verwijdering van de waterplanten. Het effect van het verwijderen van macrofyten kan nadelig zijn voor benthische organismen, vissen en andere organismen door een verlies aan voedsel, schuilplaatsen of paaigebieden (Cudmore & Mandrak, 2004). Bij een gehele verwijdering treden vaak negatieve ecosysteemeffecten op, maar wanneer de waterplanten gedeeltelijk worden verwijderd zijn de effecten over het algemeen positief of gering (Peters & van Emmerik, 2016). Dergelijke resultaten zijn overal waar Graskarper is uitgezet gevonden, wat betekent dat het niet zo zeer Graskarper zelf, als wel het verwijderen van waterplanten is dat een effect heeft op de levensgemeenschap (Zonderwijk, 1985). In de volgende paragrafen zal in meer detail op een aantal van deze effecten worden ingegaan.

5.2.1 Effecten op bedekkingsgraad van waterplanten

Graskarper is in staat watervegetatie te verwijderen zodat de bedekkingsgraad verandert (Leslie e.a., 1987; Petr, 2000; Pípalová, 2006; Wittmann e.a., 2014; Peters & van Emmerik, 2016). De dichtheid die kan worden uitgezet wordt bepaald door de omvang van de verwachte begroeiing op het hoogtepunt van het groeiseizoen (van Zon e.a., 1978). Die begroeiing hangt sterk samen met het klimaat en met de plantensoorten die aanwezig zijn. Ook de grootte van de uitgezette Graskarper bepaalt mede de benodigde dichtheid (Van Zon, 1977), aangezien de metabolische behoefte en de consumptie niet lineair toenemen met het lichaamsgewicht. De dichtheid en groottesamenstelling van de uit te zetten graskarpers moet dus nauwkeurig worden afgestemd op de kenmerken van het betreffende water (Fedorenko & Fraser, 1978; Leslie e.a., 1987). De mate van plantenverwijdering zal verder ook moeten worden afgestemd op de functie en de gebruikersgroep van het betreffende water (van Zon, 1979). Zo zullen minder planten gewenst zijn in een water met als belangrijkste functie waterafvoer, terwijl in een geïsoleerde vijver wellicht minder eisen aan de verwijdering kunnen worden gesteld.

Het is echter zelden mogelijk gebleken om het beheer van waterplanten met Graskarper zo te sturen dat een deel van de ondergedoken waterplanten blijft staan (Peters & van Emmerik, 2016). Het effect van de Graskarper op de waterplantenbedekking is meestal ofwel erg groot, of juist zeer klein. In het kader van dit onderzoek is een her-analyse uitgevoerd van de gegevens van een groot aantal experimenten met Graskarper in Nederlandse wateren, zoals die worden gerapporteerd in Peters (2016) en Peters & van Emmerik (2016). Uit deze analyse blijkt dat het 'omslagpunt' tussen geen effect en volledige verwijdering van waterplanten op gemiddeld 170 graskarpers per hectare ligt met een bandbreedte tussen de 100 en 230 exemplaren per hectare. Er kon daarbij geen significant verschil tussen grote en kleine graskarpers worden gemaakt (zie ook Box 1).

In de V.S. zijn meerdere studies uitgevoerd m.b.t. de dichtheid graskarpers die nodig is om waterplantengroei te elimineren of te onderdrukken. Leslie e.a. (1987) noemen verschillende resultaten, variërend van 20 vissen per ton vegetatie om binnen 4 maanden Hydrilla volledig te

BOX 1 HER-ANALYSE NEDERLANDSE GRASKARPEREXPERIMENTEN

Peters (2016) geeft een overzicht van een groot aantal graskarperexperimenten die in Nederland zijn uitgevoerd tussen 1968 en 2015. Deze gegevens zijn geanalyseerd in Peters & van Emmerik (2016). De belangrijkste conclusie was dat er geen duidelijke relatie is tussen de uitgezette dichtheid graskarpers en de mate van vegetatiereductie.

Een her-analyse van de gegevens van 58 experimenten m.b.v. een lokale, verdelingsvrije regressie (LOESS-regressie) gaf nog steeds het beeld dat er geen precieze relatie tussen graskarperdichtheid en de mate van vegetatiereductie is, maar dat er wel een positieve relatie tussen beide is (Figuur 5.1) met een 'omslagpunt'. Dat wordt hier gedefinieerd als de dichtheid Graskarper waarbij gemiddeld de overgang van 'geen effect' (0% reductie van waterplanten) naar 'volledig effect' (100% reductie) plaatsvindt. Dit komt overeen met de dichtheid Graskarper bij 50% vegetatiereductie. Het omslagpunt treedt op bij een dichtheid van ca. 170 graskarpers per hectare vegetatie (met een bandbreedte van ca. 100-230 graskarpers/ha). De analyse is vrij robuust: aparte analyses voor kleine (< 40 cm) en grote graskarpers of met verschillende gegevenstransformaties gaven grofweg dezelfde gemiddelde waarde en bandbreedte.

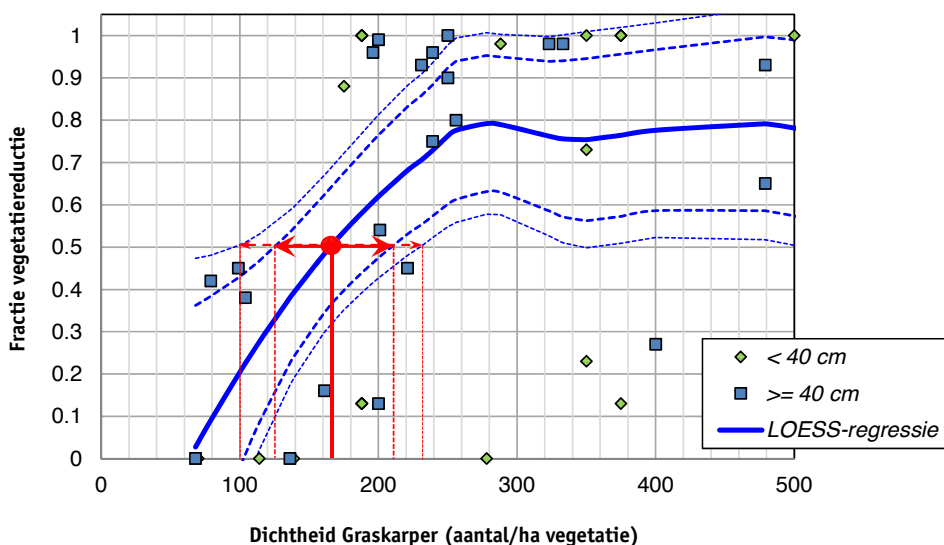


FIG 5.1 De relatie tussen de dichtheid van Graskarper en de fractie vegetatiereductie in een aantal Nederlandse experimenten (gegevens uit: Peters (2016)). De doorgetrokken blauwe lijn geeft een LOESS-regressie weer, de onderbroken lijnen de 95%-betrouwbaarheidsintervallen en de dunne stippellijnen de 99%-betrouwbaarheidsintervallen. De rode stip en doorgetrokken rode lijn geven het 'omslagpunt' aan waarbij gemiddeld 50% van de vegetatie wordt gereduceerd. De rode stippellijnen geven het 95% en 99% betrouwbaarheidsintervallen aan. Punten waarbij de graskarperdichtheid groter was dan 500 exemplaren per ha vegetatie (14 datapunten) zijn niet weergegeven in de grafiek, maar zijn wel meegenomen in de analyse.



verwijderen, tot 2-10 vissen per ton vegetatie om Hydrilla met 90% te verminderen. In Nederland kan de maximale biomassa van macrofyten oplopen tot ca. 50 ton per hectare (Bakker e.a., 2010; Pot & ter Heerdt, 2014; ter Heerdt, 2014). Als we deze Amerikaanse studie naar de Nederlandse situatie zouden extrapoleren dan zou dit neerkomen op maximaal 1000 graskarpers per hectare bij een maximale plantenbedekking. Van Zon (1977) meldt dat in de gematigde zone de waterplantenbiomassa goed kan worden onderdrukt met dichtheden van 150-250 kg/ha graskarpers van tussen de 250-400g, wat neerkomt op dichtheden van 375-1000 graskarpers per hectare. Een vijverstudie in Tsjechië met lagere dichtheden Graskarper (125 exemplaren per hectare, 29kg/ha) leverde eveneens een significante afname van het aantal macrofyten op (Pípalová, 2002).

Bovenstaande resultaten (die verre van uitputtend zijn) variëren sterk wat betreft de effecten van verschillende dichtheden graskarpers op de vegetatie. Afhankelijk van het doel van de waterplantenverwijdering, het soort waterplant en de snelheid waarmee men dit doel wil bereiken, worden daarom verschillende adviezen gegeven voor graskarperdichtheden variërend van 20-30 stuks/ha vegetatie voor de verwijdering van draadalgen, tot 100-150 stuks/ha vegetatie voor de verwijdering van niet-voorkeursplanten (Peters & van Emmerik, 2016). Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de interacties van Graskarper met herbivore watervogels (McKnight & Hepp, 1995; Bakker e.a., 2016). Bovendien is uit recent onderzoek gebleken (van Lith & Peeters, ongepubliceerde gegevens) dat de benodigde dichtheid in het ene jaar anders kan zijn dan in het andere, afhankelijk van de productiviteit van de vegetatie. Precieze dichtheden om een vegetatie te elimineren kunnen daarom niet met zekerheid bepaald worden als er een spectrum aan verschillende macrofyten voorkomt en abiotische omstandigheden sterk wisselen, maar bij een hoge graskarperdichtheid worden zeker alle planten verwijderd (Dibble & Kovalenko, 2009).

Het uitzetten van te lage dichtheden Graskarper brengt risico's met zich mee, omdat door een gedeeltelijke verwijdering van de ene plantensoort het mogelijk wordt dat andere, ongewilde plantensoorten een concurrentievoordeel krijgen en mogelijk gaan woekeren (Van Zon, 1977; Pípalová, 2006; Dibble & Kovalenko, 2009). Een voorbeeld hiervan is de woekering van Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*) in reservoirs in de zuidelijke V.S. (McKnight & Hepp, 1995). Inheemse planten werden hier wel gegeten, maar Aarvederkruid werd slecht gegeten en nam sterk in hoeveelheid toe met negatieve effecten op o.a. de populatie herbivore trekvogels.

5.2.2 Effecten op de soortensamenstelling van macrofyten

Meerdere studies laten zien dat na introductie van Graskarper een verschuiving in de plantensamenstelling optrad door selectief foerageren op voorkeursplanten (Van Zon, 1977; Petr, 2000; Pípalová, 2006; Dibble & Kovalenko, 2009). Een meta-analyse door Wittmann e.a. (2014) liet zien dat de meeste macrofyten en draadalgen afnamen na uitzet van Graskarper maar dat in sommige gevallen eendenkroossoorten, spiraalwieren, Haarbladwaterranonkel (*Ranunculus trichophyllus*) en Tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*) toenamen.

Graskarper heeft niet alleen een effect op de biomassa en soortensamenstelling van waterplanten door selectief te foerageren, maar kan ook bioturbatie veroorzaken en de nutriëntencyclus beïnvloeden (Kırkağaç & Demir, 2006; Bakker e.a., 2016). In de eerder genoemde Tsjechische vijverstudie met lagere dichtheden Graskarper (125 exemplaren per ha) was binnen een jaar niet alleen de bedekking en biomassa van de macrofyten veranderd, maar ook de soortensamenstelling (Pípalová, 2002). De groenalg *Cladophora globulina*, Naaldgras, Tenger fonteinkruid en Schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) waren afgenomen, maar spiraalwieren, Aarveder-

kruid, Grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*) en eendenkroossoorten namen daarentegen toe. Dit hing waarschijnlijk niet alleen samen met selectieve consumptie door Graskarper, maar mogelijk ook met toegenomen nutriëntenconcentraties in het water uit de feces van Graskarper.

5.2.3 Effecten op vissen

De effecten van Graskarper op andere vissoorten vinden voornamelijk plaats via de invloed op de vegetatie. Door de vermindering van vegetatie kunnen voedselbronnen, schuilplaatsen en paaiplaatsen voor andere (inheemse) soorten verdwijnen (Chilton & Muoneke, 1992; Bain, 1993; Cudmore & Mandrak, 2004; Pípalová, 2006). Doordat Graskarper de macrofytendichtheid en -samenstelling kan veranderen kan hij mogelijk een negatief effect hebben op de inheemse herbivore vissen (van der Veer & Nentwig, 2015). De afname van het aantal macrofyten gaat vaak gepaard met de afname van macro-evertebraten en hun diversiteit, waardoor de voedselbronnen van veel vissoorten negatief wordt beïnvloed. Daarnaast zou jonge Graskarper met inheemse soorten kunnen concurreren om dit dierlijke voedsel (Dibble & Kovalenko, 2009).

Een voorbeeld van de negatieve invloed van Graskarper op inheemse vissoorten zijn het sterk afnemen van Baars (*Perca fluviatilis*) en Snoek (*Esox lucius*) na de introductie van Graskarper in een aantal wateren in de voormalige Sovjetunie (Stanley e.a., 1978). Deze afname werd waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door het verdwijnen van paaisubstraat. Een ander voorbeeld is de afname van Ruisvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), Blankvoorn (*Rutilus rutilus*) en Zeelt (*Tinca tinca*) in Polen (Krzywosz, 1980) na aanhoudende uitzettingen van Graskarper, waarschijnlijk door de sterke habitatverandering die door de verwijdering van planten werd veroorzaakt.

Het uitzetten van Graskarper zou onder bepaalde omstandigheden een positief effect kunnen hebben op sommige vissoorten als niet de gehele vegetatie verwijderd wordt, maar er alleen een reductie in vegetatie optreedt die leidt tot een meer open karakter tussen de waterplanten. Een vissoort als Zeelt zou daardoor gemakkelijker tussen de vegetatie op kunnen jagen en daarmee kunnen profiteren van de aanwezigheid van Graskarper. Macro-evertebraten zoals de Gewone zoetwaterpissebed (*Asellus aquaticus*) en de Zoetwatervlokreeft (*Gammarus pulex*) worden beter bereikbaar voor Zeelt door deze verbeterde jaagomstandigheden (Petridis, 1990). Hetzelfde geldt voor de bereikbaarheid van groter zoöplankton zoals de watervlo *Eurycerus lamellatus* (Petr, 2000). Daarnaast zou er een toename kunnen zijn van vissoorten die niet afhankelijk zijn van waterplanten, maar die profiteren van de veranderende omstandigheden. Zo kunnen detrivore en benthivore vissoorten (zoals Brasem, *Abramis brama* en Karper, *Cyprinus carpio*) potentieel profiteren van de toename van beschikbare nutriënten uit onverteerde feces, wat op zijn beurt weer kan leiden tot een grotere productie van detrivore evertebraten (Leslie e.a., 1987; Cudmore & Mandrak, 2004). Sommige planktivore vissen zouden ervan kunnen profiteren als het verdwijnen van de vegetatie leidt tot een algen-gedomineerd systeem, waarop grotere hoeveelheden zoöplankton zouden kunnen groeien (Pípalová, 2006). Ook bepaalde roofvissoorten zouden baat kunnen hebben bij een verminderde plantendichtheid, doordat er minder schuilgelegenheid is voor prooivissen, waardoor ze effectiever kunnen jagen (Chilton & Muoneke, 1992).

5.2.4 Effecten op macrofauna en zoöplankton

Graskarper beïnvloedt de macrofauna enigszins door consumptie tijdens het grazen op vegetatie (Clayton & Wells, 1999; Dorenbosch & Bakker, 2012). Het grootste effect op de macrofauna oefent Graskarper uit door het verminderen of zelfs doen verdwijnen van de vegetatie (Pípalová, 2006). De resultaten van verschillende studies tonen aan dat er grote verschuivingen in de

macrofauna kunnen optreden na de introductie van Graskarper, maar de aard van die veranderingen zijn zeer divers. In een aantal Nederlandse onderzoeken namen de aantallen macrofauna en macrobenthos onder invloed van Graskarper af, maar de diversiteit bleef gelijk (Van Zon, 1977; van Zon e.a., 1978), met uitzondering van de plantafhankelijke organismen die wel afnamen bij sterke plantenvermindering (Zonderwijk, 1985). Leslie e.a. (1987) daarentegen vonden dat er veelal een afname in de benthische diversiteit optrad, waarna het systeem werd gedomineerd door een beperkt aantal soorten in hoge dichtheden zoals dansmuggenlarven (*Chironomidae*) en ringwormen (*Oligochaeta*). In een experiment in visvijvers in Turkije vonden Kırkağaç & Demir (2006) dat slakken twee maal zoveel voorkwamen in kooien met Graskarper als in kooien zonder deze vissen. Ten slotte kan ook nog worden genoemd dat de uitwerpselen van Graskarper mogelijk kunnen dienen als voedsel voor macrofauna. Het zijn daarbij waarschijnlijk de geassocieerde micro-organismen die als voedsel dienen (Takamura e.a., 1993). Al bij al is het op basis van bestaande studies niet goed mogelijk generalisaties te maken over het effect van Graskarper op macrofauna (Pípalová, 2006).

Ook de dichtheid en samenstelling van zoöplankton kan door de introductie van Graskarper worden beïnvloed. Hoewel zoöplankton ook wel door Graskarper wordt gegeten is de grootste invloed die wordt uitgeoefend indirect. Enerzijds wordt de schuilgelegenheid van met name groot kreeftachtig zoöplankton, zoals grote watervlooien en copepoden, beperkt door de afname van vegetatie (Richard e.a., 1985) en anderzijds kan de productiviteit van het water toenemen door de vergrote nutriëntenbeschikbaarheid die wordt veroorzaakt door onverteerde plantenresten in de feces van Graskarper (Zhang & Chang, 1994). Vooral klein zoöplankton, zoals rotiferen zullen hiervan profiteren. Overigens is het effect van Graskarper op de zoöplanktongemeenschap nog niet in detail onderzocht (Pípalová, 2006).

5.2.5 Effecten op overige fauna

Voedselconcurrentie en habitatdegradatie zijn de voornaamste effecten die Graskarper uitoefent op overige fauna (Chilton & Muoneke, 1992; Bain, 1993; Clayton & Wells, 1999). Naast de beschreven effecten op vissen, macrofauna en zoöplankton moet hier met name gedacht worden aan voedselconcurrentie met herbivore watervogels (Leslie e.a., 1987; Bakker e.a., 2016). Habitatdegradatie kan een bedreiging vormen voor amfibieën (Pípalová, 2006) en mogelijk is er ook voedselconcurrentie met kreeften (Forester, 1978).

5.2.6 Effecten op de waterkwaliteit

Zoals eerder vermeld (§ 5.1.1) wordt verondersteld dat de relatief korte darm van Graskarper ervoor zorgt dat de vertering van plantenmateriaal inefficiënt gebeurt en er veel onverteerde plantenresten in de waterkolom komen (Cross, 1969). Alhoewel de uitscheiding van deels verteerd plantenmateriaal geen echte eutrofiëring mag worden genoemd omdat er geen nutriënten worden toegevoegd aan het systeem, leidt het uitscheiden in gedeeltelijk verteerde vorm van plantenmateriaal wel tot een versnelling van het mineralisatieproces binnen de voedselkringloop (Pípalová, 2006; Dibble & Kovalenko, 2009). Nutriënten uit macrofyten worden deels vastgelegd in het sediment. In vijvers met graskarpers werd een significante toename van de concentraties ijzer, magnesium en fosfaat in het sediment aangetroffen (Pípalová, 2006). Uiteindelijk is het gemineraliseerde gedeelte later in het seizoen weer beschikbaar voor plantengroei (Zonderwijk, 1985; Maceina e.a., 1992).

In totaal wordt ruwweg de helft van de in de waterplanten aanwezige hoeveelheid voedingsstoffen door de vis opgenomen (Hickling, 1966; Fischer, 1970; 1972b; a; 1973; Van Dyke & Sutton, 1977). Tenminste 50% van het fosfaat en de stikstof die wordt opgenomen door Graskarper

komt weer in de waterkolom terecht (van Zon e.a., 1978; Pípalová, 2006). Deze nutriënten leiden tot meer fytoplankton en resulteren in meer zoöplankton en daarmee tot meer productie van planktivore vis (Pípalová, 2006). Door de grotere fytoplanktongroei en afgenomen vegetatie zullen chlorofyl-, ammonia- en fosforconcentraties kunnen toenemen, het doorzicht zal afnemen en de concentraties opgelost zuurstof zullen een groter verschil tussen dag en nacht laten zien (Cudmore & Mandrak, 2004; Pípalová, 2006). Tevens kan een lagere pH optreden doordat er minder CO₂ wordt opgenomen door de macrofyten (Dorenbosch & Bakker, 2012), hoewel dit kan worden gecompenseerd door algen die eveneens CO₂ opnemen (Pípalová, 2006). Deze effecten kunnen nog worden versterkt door de verhoogde resuspensie van bodemmateriaal en uitwerpselen bij afwezigheid van vegetatie (van Zon e.a., 1978; Bain, 1993; Schiphouwer e.a., 2014). Diverse studies hebben het effect van Graskarper op de chemische waterkwaliteit onderzocht. In een aquariumexperiment in Tsjechië naar de consumptie van kroos door kleine (12,6 cm) Graskarper bij een hoge dichtheid van 1-3 exemplaren per m², werd een stijging van de NO₂-N concentratie gemeten en daalde de concentratie NH₄-N in het bijzijn van Graskarper minder dan in de controlebakken met alleen kroos (Pípalová, 2003). In een ander Tsjechisch experiment in vijvers met tweejarige graskarpers, bij een veel lagere dichtheid (125 per ha), daalden alleen de pH en de concentratie NO₃-N na het uitzetten (Pípalová, 2009). Een studie in een meer in North Carolina (V.S.) vond een toename van chlorofyl-a na het uitzetten van 100 graskarpers per hectare, maar nauwelijks verschillen in de chemische samenstelling van het water (Garner e.a., 2013). Met andere woorden, het effect van Graskarper op de chemische waterkwaliteit kan zeer divers zijn (Peters & van Emmerik, 2016). In een recente meta-analyse van experimentele studies werd echter wel gevonden dat in de meeste gevallen Graskarper de geleidbaarheid en saliniteit van het water verhoogt (Wittmann e.a., 2014).

5.2.7 Overdracht van ziektes en parasieten

Graskarper kan meer dan honderd parasieten en/of ziekten overbrengen, met name naar andere karperachtige vissen. In Nederland zijn bij Graskarper deze parasieten of ziekten voor zover bekend niet aangetroffen, waardoor het risico van overdracht van Graskarper naar inheemse soorten beperkt lijkt (Schiphouwer e.a., 2014).

5.2.8 Invasiviteit en hybridisatie

Tot op heden plant de Graskarper zich niet op natuurlijke wijze voort in Nederland. Toch wordt er rekening mee gehouden dat dit in de toekomst wel plaats kan gaan vinden als er een gemiddelde temperatuurstijging van ca. 2°C plaatsvindt. Mede om die reden heeft Graskarper een hoge risicoclassificatie gekregen volgens de 'Invasive Species Environmental Impact Assessment' (ISEIA 11-12, zwarte lijst) (Copp e.a., 2009; Schiphouwer e.a., 2014). Graskarper plant zich zeer waarschijnlijk al voort in het Po-gebied, wat de eerste locatie in West-Europa zou zijn (Milardi e.a., 2015). In de Donau bestaat er een succesvolle, zich natuurlijk voortplantende populatie graskarpers en deze vissen kunnen mogelijk het stromingsgebied van de Rijn bereiken via het Main-Donaukanaal (Nehring e.a., 2010; Schiphouwer e.a., 2014). Temperatuur is niet de enige factor die van belang is bij de voortplanting van graskarper: een stijging van de waterspiegel is dat ook (Chilton & Muoneke, 1992). Recent onderzoek maakt het echter aannemelijk dat het ontbreken van een dergelijke waterspiegelstijging voortplanting niet uitsluit (Cudmore e.a., 2017). Omdat Graskarper een langlevende soort is kunnen eenmaal gevestigde dieren decennialang in het watersysteem blijven.

Er is geen bewijs gevonden dat Graskarper hybridiseert met inheemse Nederlandse vissoorten, zodat dit risico als laag wordt ingeschat (Schiphouwer e.a., 2014).

5.3 RELATIE TOT ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN

De ecologische effecten van de uitzet van Graskarper op het aquatische voedselweb kunnen worden geëvalueerd in het kader van de Ecologische Sleutelfactoren (von Meijenfheldt e.a., 2014). De sleutelfactoren waarop hier wordt ingegaan zijn degene die betrekking hebben op de voorwaarden voor herstel van gewenste soorten/soortgroepen (ESF 4 t/m 6: habitatgeschiktheid, verspreiding en verwijdering). De uitwerking van de Ecologische Sleutelfactoren is nog volop in ontwikkeling en heeft zich tot op heden vooral beperkt tot stilstaande wateren. Daarom bestaat de mogelijkheid dat in de toekomst de interpretatie zoals gegeven in dit rapport onvolledig kan zijn en genuanceerd moet worden.

5.3.1 Habitatgeschiktheid (ESF 4)

Waterplanten vormen een belangrijk onderdeel van een gezond watersysteem, maar een te grote bedekking of biomassa kan problematisch zijn, zowel voor de gebruikers als vanuit ecologisch perspectief. Zo kan een te grote bedekking met waterplanten leiden tot verminderde habitatdiversiteit en tot zuurstofloosheid. De ecologische waardering voor waterplanten kent dan ook meestal een optimumwaarde (van den Berg & Pot, 2007). Het tegengaan van een volledige bedekking met waterplanten zal dan ook de habitatgeschiktheid van een groot aantal organismen kunnen vergroten. Zoals hiervoor beschreven heeft Graskarper de capaciteit om een deel van of de gehele watervegetatie te verwijderen en te onderdrukken. Het is echter zelden mogelijk gebleken om het beheer van waterplanten met Graskarper zo te sturen dat een deel van de ondergedoken waterplanten blijft staan (Peters & van Emmerik, 2016). Er lijkt een 'omslagpunt' in de dichtheden van Graskarper te bestaan (zie [Box 1](#)). Als de dichtheid lager is dan dit omslagpunt dan zal de vegetatie nauwelijks afnemen. Boven het omslagpunt wordt het grootste deel van de vegetatie, of zelfs alle vegetatie verwijderd.

Het volledig verwijderen van alle vegetatie kan voor bepaalde gebruikscapaciteiten wellicht gewenst zijn, maar is dat vanuit ecologisch perspectief niet. Ook het gedeeltelijk verwijderen van waterplanten met een lagere dichtheid Graskarper brengt, als er al in geslaagd wordt, risico's met zich mee. Het is namelijk niet met zekerheid te voorspellen welke waterplanten in welke hoeveelheden zullen worden gegeten. Dit kan tot gevolg hebben dat de soortensamenstelling van de plantengemeenschap verandert, wat niet per se een ecologische verbetering inhoudt. Het is ook niet zo dat Graskarper bij voorkeur exotische waterplanten eet, die vaak als problematisch worden gezien. Het uitzetten van een lagere dichtheid graskarpers zou zelfs kunnen leiden tot een afname van inheemse plantensoorten die bij voorkeur worden gegeten en een toename van minder geprefereerde exotische plantensoorten. Ook dat is vanuit ecologisch oogpunt en habitatgeschiktheid mogelijk een ongewenste ontwikkeling.

5.3.2 Verspreiding (ESF 5)

Het uitzetten van Graskarper kan tot gevolg hebben dat de continuïteit van de plantenbedekking in wateren wordt onderbroken. Dat kan potentieel tot een verminderde verspreidingskans leiden voor aan planten gebonden organismen die niet erg mobiel zijn, zoals bepaalde soorten macrofauna. De effecten op de verspreiding van zoöplankton, vissen, andere dieren of planten zal in beginsel beperkt zijn. Daarbij moet echter worden opgemerkt dat Graskarper in Nederland alleen in geïsoleerde wateren mag worden uitgezet of in wateren die m.b.v. barrières afgesloten zijn van andere wateren. Dergelijke barrières beperken ook de verspreiding van andere organismen zoals vissen en drijvende zaden.

Graskarper kan eventueel wel de verspreiding van planten bevorderen door de verspreiding van broedknoppen (Bakker e.a., 2016). Planten die zich verspreiden vanuit fragmenten kunnen

gestimuleerd worden doordat Graskarper zich voedt door stukken van planten af te breken (Vincent & Sibbing, 1992). Niet alles wordt daarbij opgegeten en een deel van de fragmenten komt direct in het water terecht. Een groot aantal exotische waterplanten zoals (maar niet uitsluitend) Hydrilla, waterpest (*Elodea* en *Egeria* spp.), Grote waternavel (*Hydrocotyle ranunculoides*) en Waterwaaier (*Cabomba caroliniana*) verspreidt zich op deze manier (Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, 2010).

5.3.3 Verwijdering (ESF 6)

Het primaire doel van het uitzetten van Graskarper is de verwijdering van waterplanten. Indien het doel is om waterplanten volledig te verwijderen dan kan Graskarper effectief worden ingezet (Chilton & Muoneke, 1992; Garner, 2013; Stich e.a., 2013; Kirk e.a., 2014). Bij hoge graskarperdichtheden zullen niet alleen voorkeursplanten, maar ook minder geprefereerde soorten worden gegeten. Het is echter niet mogelijk om Graskarper gecontroleerd in te zetten om een bepaalde plantensoort te bestrijden, of een bepaald deel van de vegetatie te verwijderen (Dibble & Kovalenko, 2009). Graskarper zelf is lastig te verwijderen als hij eenmaal is uitgezet, hoewel in bepaalde wateren redelijke resultaten met zegentrekken en hengelvangsten zijn bereikt (Bonar e.a., 1993; Peters & van Emmerik, 2016).

H6 BEANTWOORDING VAN DE DOOR STOWA GESTELDE VRAGEN

In dit hoofdstuk worden de door STOWA gestelde vragen m.b.t. Graskarper als beheermaatregel afzonderlijk behandeld en voor zover mogelijk, beknopt beantwoord. De wetenschappelijke onderbouwing van de antwoorden is te vinden in de voorafgaande wetenschappelijke analyse, waarin ook de meeste literatuurverwijzingen zijn te vinden. Die verwijzingen zijn in dit hoofdstuk, mede i.v.m. de leesbaarheid, beperkt. De vragen zijn gegroepeerd per hoofdonderwerp.

6.1 DIEET EN VOEDSELGEBRUIK DOOR GRASKARPER

6.1.1 Herbivorie Graskarper

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



Is Graskarper 100% herbivoor?

Deze vraag kan met een ondubbelzinnig 'nee' worden beantwoord. Graskarper begint zijn leven met het eten van uitsluitend dierlijk voedsel. Naarmate hij ouder en groter wordt gaat hij steeds meer over op plantaardig voedsel. Volwassen Graskarper eet onder normale omstandigheden (d.w.z. als er vegetatie aanwezig is) >95% planten, maar dierlijk voedsel wordt nog steeds (in kleine hoeveelheden) gegeten.

6.2 ECOLOGISCHE EFFECTEN VAN GRASKARPER OP WATEREN

6.2.1 Graskarperdichtheid en waterkwaliteit

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'Is het mogelijk om dichtheden Graskarper vast te stellen die geen negatief effect hebben op de waterkwaliteit en de ontwikkeling van gewenste waterplanten, maar wel meer open water (minder woekerende planten) bieden en leiden tot een lagere benodigde maai-intensiteit? Zo ja, wat zijn die dichtheden of hoe kunnen we die vaststellen?'

In de praktijk is het nagenoeg onmogelijk vooraf dichtheden van Graskarper vast te stellen die het water gedeeltelijk zullen openhouden, hoewel er in beginsel wel een waardenbereik is waarbinnen die dichtheid waarschijnlijk ligt (120-210 graskarpers/ha vegetatie). Als het lukt om een dichtheid Graskarper uit te zetten die het water gedeeltelijk openhoudt dan is er een potentieel positief effect op de ecologische waarden van het water zonder dat de waterkwaliteit wordt aangetast. Het is echter ook mogelijk dat een gedeeltelijke verwijdering leidt tot verdwijnen van gewenste en een woekering van ongewenste plantensoorten. In de praktijk blijken optimale dichtheden erg contextgevoelig en niet van tevoren te bepalen (zie ook § 6.3.1). Bovendien kan de optimale dichtheid van jaar tot jaar verschillen, afhankelijk van de productiviteit van de vegetatie.

6.2.2 Veranderingen aan het ecosysteem

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'In hoeverre is Graskarper in staat om de watervegetatie dusdanig te reduceren dat daardoor het aquatisch ecosysteem verandert?'

Graskarper is op verschillende manieren in staat om het aquatisch ecosysteem te veranderen. In hoge dichtheden kan Graskarper de vegetatie sterk reduceren of zelfs doen verdwijnen, waardoor er grote (vaak ongewenste) veranderingen plaatsvinden. In lagere dichtheden kan Graskarper het aquatisch ecosysteem eveneens veranderen. Het is afhankelijk van de context in hoeverre dit gewenste of ongewenste veranderingen zijn (zie ook § 6.3.1).

6.2.3 Invloed op biodiversiteit

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'Wat is de invloed van Graskarper op de (inheemse) biodiversiteit (macrofauna, visstand, waterplantentende vogels etc.) en waterkwaliteit (verandering trofisch niveau en voedselweb)?'

Over het algemeen kan worden gesteld dat de invloed van Graskarper groter is naarmate er meer worden uitgezet. De grootste invloed vindt plaats via het verwijderen van de vegetatie. Als de invloed op de vegetatie groot is dan zal ook de invloed op andere organismegroepen en op de chemische waterkwaliteit groot zijn. De relatie is echter niet lineair in de zin dat als er 'x' maal meer Graskarper wordt uitgezet het effect ook 'x' maal zo groot zal zijn. Wat er precies in een water zal veranderen na uitzet van Graskarper hangt niet alleen van de dichtheid en het formaat van de graskarpers af, maar ook van de soortensamenstelling en dichtheid van waterplanten, de abiotiek van het water en het voorkomen van andere organismen.

6.3 EFFECTIVITEIT EN EFFICIËNTIE VAN GRASKARPER ALS BEHEERMAATREGEL VOOR DE BEPERKING VAN WATERPLANTENGROEI

6.3.1 Gewenste dichtheden van Graskarper

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'Zijn er gewenste dichtheden Graskarper vast te stellen en te beheren? Bij welke dichtheden Graskarper wordt de vegetatie zodanig teruggedrongen dat maaien niet/minder nodig is en vissen (hengelsport) goed mogelijk is, zonder dat er negatieve gevolgen zijn voor de waterkwaliteit en voor de KRW-beoordeling voor soortensamenstelling macrofyten?'

Er is geen eenduidige relatie gebleken tussen de toegepaste dichtheid aan graskarpers en de mate van waterplantenverwijdering. Het effect van Graskarper op de waterplantenbedekking is meestal of erg groot, of juist zeer klein. In beginsel zijn er dichtheden die optimaal zijn, d.w.z. dat een gewenst deel van de waterplanten wordt verwijderd, maar in de praktijk is het zelden mogelijk gebleken om het beheer van waterplanten met Graskarper zo te sturen dat een deel van de ondergedoken waterplanten blijft staan (Peters & van Emmerik, 2016). Uit een heranalyse van Nederlandse experimenten blijkt dat een optimale dichtheid waarschijnlijk tussen de 100 en 210 graskarpers per hectare vegetatie ligt. Die dichtheid is sterk contextafhankelijk: klimaat, plantengroei, het formaat van de vis zelf, het moment van uitzet en abiotische factoren hebben hier invloed op (Van Zon, 1977; Fedorenko & Fraser, 1978; Petr, 2000; Pípalová, 2006; Garner, 2013). Vanwege de vele factoren die een rol spelen en de complexe interacties daartussen is het niet mogelijk zeer nauwkeurige en tegelijkertijd betrouwbare voorspellingen over een gewenste dichtheid te doen. Om de balans tussen negatieve en positieve effecten van Graskarper te waarborgen en gewenste plantbedekking te bereiken zullen dichtheden van Graskarper en mate van verwijdering gemonitord moeten worden (Bain, 1993).

Om gedeeltelijke verwijdering van vegetatie te bewerkstelligen is een veilige strategie om te beginnen met een relatief lage dichtheid graskarpers (*bijv. vastgesteld m.b.v. de analyse in Box 1*) en die dan eventueel stapsgewijs te verhogen als het gewenste effect uitblijft. Starten met hoge dichtheden heeft als groot nadeel dat eventueel weer Graskarper verwijderd moet worden wat lastig kan zijn. Overigens zal het niet te voorkomen zijn dat in sommige gevallen toch graskarpers moeten worden verwijderd. Als de vegetatie namelijk significant wordt beperkt dan zal dit de voedselbeschikbaarheid voor de Graskarper beperken en vanuit het oogpunt van dierenwelzijn is het dan beter de dieren te verwijderen.

Als Graskarper wordt uitgezet in grote dichtheden, dan zal de vegetatie sterk afnemen of zelfs verdwijnen en kunnen, zoals hiervoor beschreven, waterkwaliteit en het ecosysteem aanzienlijk veranderen. Ook als slechts een deel van de waterplanten wordt verwijderd, zijn verande-

ringen in het ecosysteem niet uit te sluiten. Graskarper zal namelijk niet alleen de door de beheerder ongewenste planten, zoals invasieve exoten, eten, waardoor veranderingen in de soortensamenstelling van de vegetatie kan optreden. De chemische waterkwaliteit neemt bij gedeeltelijke verwijdering van macrofyten waarschijnlijk niet sterk af.

Graskarper kan de KRW-beoordeling voor de soortensamenstelling zowel positief als negatief beïnvloeden. Bij een volledige verwijdering van waterplanten zal de beoordeling negatiever zijn, omdat voor KRW-wateren geldt dat ze voor een goede waterkwaliteit een behoorlijke biomassa en bedekking aan planten hebben (Wood e.a., 2016). Bij een gedeeltelijke verwijdering kan de beoordeling positiever worden als bijvoorbeeld de zuurstofdynamiek in het water minder extreem wordt (van den Berg & Pot, 2007), als de hoeveelheid kroos wordt beperkt, of als vooral exotische plantensoorten worden gegeten. Ook als de hoeveelheid drijfplanten wordt beperkt tot een optimale waarde voor het water kan de invloed van Graskarper als positief worden gezien. Een gedeeltelijke verwijdering kan echter ook leiden tot een woekering van planten (Van Zon, 1977; McKnight & Hepp, 1995; Pípalová, 2006). Zo'n woekering kan de KRW-beoordeling juist verminderen. Kortom, het sturen van de vegetatie via de Graskarper blijft een precaire zaak.

Samenvattend kan worden gezegd dat het antwoord op bovenstaande vraag van STOWA in beginsel positief is, maar dat de optimale dichtheid Graskarper in de praktijk zeer moeilijk te bepalen en beheren zal zijn.

6.3.2 Graskarper versus maaien

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'Wat zijn in geïsoleerde wateren de voor- en nadelen van Graskarper ten opzichte van maaien?'

Mechanische verwijdering van waterplanten (maaien) is relatief snel: de verwijdering gebeurt in één keer en de beheerder kan vrij nauwkeurig bepalen welke vegetatie en hoeveel er wordt verwijderd. Als het maaisel verwijderd wordt kunnen voedingsstoffen uit het systeem verdwijnen, wat een gunstig effect heeft in geval van met voedingsstoffen verrijkte wateren (hoewel dit effect vermindert als het maaisel voorafgaand aan de verwijdering enige tijd in de oever blijft liggen). Het nadeel van maaien is dat er relatief hoge kosten aan verbonden zijn en dat de ingreep een rigoureuze verstoring is waarbij het watersysteem fors teruggezet wordt in zijn ontwikkeling (Peeters e.a., 2014). Voor sommige watersystemen kan dat terugzetten in de ontwikkeling nodig zijn om bijvoorbeeld de watervoering te kunnen garanderen en verlanding tegen te gaan, maar dat is zeker niet overal noodzakelijk zoals in geïsoleerde stadsvijvers zonder hydrologische functie. De werking van Graskarper kan gezien worden als een continue, kleinere verstoring van het systeem. De analyse in dit rapport richt zich op een economische vergelijking van maaien en het uitzetten van Graskarper (Tabel 6.1).

Het uitzetten van Graskarper is in vergelijking met maaien vijf tot meer dan tien maal goedkoper. Graskarpers beginnen bovendien al aan het begin van het seizoen met het eten van waterplanten, terwijl maaien dan nog niet is toegestaan vanwege de gedragscode (Peters & van Emmerik, 2016). Een snel effect hoeft van Graskarper niet te worden verwacht, omdat niet alle planten tegelijkertijd worden geconsumeerd na het uitzetten van de vis. Hogere dichtheden Graskarper leiden echter wel tot een snellere verwijdering.

Bij het gebruik van Graskarper worden geen nutriënten uit het water verwijderd en de onverterde plantenresten kunnen tot meer slibaanwas leiden (Pípalová, 2006). Hoe de slibaanwas

LEES VERDER OP P. 31

TABEL 6.1 Overzicht van kosten van maaien en baggeren en van het uitzetten en beheren van Graskarper (bron: Peter Heuts, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden).

Beheersmaatregel	Eenheid	Kosten per eenheid (€)
<i>Maaien watergangen:</i>		
Maaikorf	m ¹	0,28
Maaiboot	m ¹	0,22
Op hopen zetten	m ¹	0,14
Op hopen en transport	m ¹	0,28
Stortkosten	m ³	22,50
<i>Baggeren watergangen:</i>		
Baggeren met kraan verwerken op de kant	m ¹	2,50
Baggeren met baggerspuit	m ¹	4,50
Baggeren en verwerken in depot	m ³	15,00 - 20,00
Baggeren en afvoeren	m ³	25,00 - 30,00
<i>Uitzetten Graskarper:</i>		
Aanschaf Graskarper	stuk	5,00
Plaatsen, onderhouden en schonen hekwerk	m ¹	Onbekend
Wegvangen van surplus Graskarpers		Onbekend
Monitoren van effecten van Graskarper		Onbekend

TABEL 6.2 Benadering van de slibaanwas bij het gebruik van Graskarper. Er wordt hierbij van uitgegaan dat deze extra slibaanwas niet zou plaatsvinden als het plantenmateriaal zou worden afgevoerd.

Parameters	Waarde
Gewicht Graskarper (nat gewicht)	2 kg/ Graskarper
Percentage van lichaamsgewicht dagelijks gegeten	50%
Dagelijkse hoeveelheid gegeten planten per Graskarper (nat gewicht)	1 kg/ Graskarper/ dag
Percentage drooggewicht vegetatie	10%
Percentage direct onverteerd uitgescheiden voedsel	50%
Percentage droge stof die bij vertering wordt geassimileerd	65%
Dagelijkse hoeveelheid onverteerd uitgescheiden droge stof per Graskarper	0,068 kg/ Graskarper/ dag
Jaarlijkse hoeveelheid onverteerd uitgescheiden droge stof per Graskarper	24,6 kg/ Graskarper/ jaar
Dichtheid Graskarper	170 Graskarper/ ha
Jaarlijks uitgescheiden hoeveelheid droge stof per ha	4188 kg/ ha/ jaar
Percentage drooggewicht in slib	15%
Jaarlijkse slibaanwas per hectare (nat gewicht)	27922 kg/ ha/ jaar
Dichtheid slib	1050 kg/ m ³
Slibaanwas per jaar	26,6 m ³ / ha/ jaar
Slibdepositie per jaar	0,27 cm/ jaar

bij mechanisch beheer en verwijdering van plantenmateriaal zich verhoudt tot de slibaanwas bij de toepassing van Graskarper is niet bekend. Waarden van slibaanwas zijn niet eenvoudig te vinden en de waarden die bekend zijn lopen sterk uiteen van 1 cm per jaar (Waterschap Aa en Maas, 2007) tot 2-4 cm per jaar (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2010). Als we uitgaan van wat er bekend is over voedselopname door Graskarper en de verteerbaarheid van plantenmateriaal dan kan een ruwe schatting worden gemaakt van de extra slibdepositie als plantenmateriaal niet wordt verwijderd, maar door Graskarper wordt geconsumeerd (Tabel 6.2). Bij een dichtheid van 170 graskarpers van 2 kg per stuk zou dit ongeveer 0,27 cm slib per jaar bedragen. Dit is een relatief kleine hoeveelheid in vergelijking met de 1-4 cm totale slibopbouw die eerder werd genoemd en zal op de totale kosten waarschijnlijk geen grote invloed hebben.

Desalniettemin lijkt het raadzaam de kosten voor het eventueel vaker moeten baggeren en storten van slib voor de volledigheid in de economische afweging mee te nemen. Als Graskarper wordt toegepast in wateren die in open verbinding staan met andere wateren dan zal er volgens de wetgeving een hekwerk moeten worden geplaatst. De kosten voor het plaatsen en onderhouden van een dergelijk hekwerk moeten ook worden meegenomen in de afwegingen. Een hypothetisch voorbeeld, gebaseerd op de gegevens uit Tabel 6.1, is uitgewerkt in Box 2. Hiervoor moest een groot aantal aannames worden gemaakt, terwijl een aantal kosten, vooral m.b.t. het uitzetten en mogelijk weer wegvangen van Graskarper, niet bekend is. In dit voorbeeld valt de inzet van Graskarper iets minder gunstig uit dan gerapporteerd in Peters & van Emmerik (2016). Dit wordt echter sterk beïnvloed door de aangenomen maai- en baggerfrequenties. Als de maai-frequentie hoger wordt dan zal Graskarper relatief gunstiger zijn. Als de baggerfrequentie toeneemt door Graskarper dan zal de vergelijking beter uitpakken voor maaien. Een goede kosten-batenanalyse kan uiteraard alleen worden gemaakt als die frequenties en overige beheerskosten duidelijk zijn.

Samenvattend kan worden gesteld dat de verwijdering van overmatige waterplantengroei met Graskarper kosteneffectiever lijkt te zijn dan maaien, maar minder selectief m.b.t. welk deel van de vegetatie wordt verwijderd en zonder de verwijdering van voedingsstoffen uit het systeem. Het is bovendien minder zeker dat de toepassing van Graskarper ook daadwerkelijk tot de gewenste reductie van waterplanten leidt. Als er meer slibopbouw plaatsvindt door het uitzetten van Graskarper en als er hekwerken moeten worden geplaatst en onderhouden, dan zal het verschil in kosteneffectiviteit minder groot zijn.

6.4 POSITIEVE EN NEGATIEVE EFFECTEN VAN GRASKARPER BIJ DE BESTRIJDING VAN INVASIEVE EXOTEN

6.4.1 Bestrijding van uitheemse waterplanten

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'In welke gevallen kan Graskarper ingezet worden voor de bestrijding van uitheemse waterplanten?'

Graskarper kan een groot spectrum aan waterplanten eten (>175 soorten) (Van Zon, 1977; Peters & van Emmerik, 2016). Graskarper kan in het gunstigste geval exoten bestrijden als dit een voorkeursplant betreft, maar Graskarper heeft geen specifieke voorkeur voor in- of uitheemse macrofyten (Parker & Hay, 2005). De voorkeur voor de plant wordt vooral bepaald door de eetbaarheid (vezeligheid) en chemische samenstelling (Bonar e.a., 1990; Parker & Hay, 2005; Dibble & Kovalenko, 2009), maar is ook afhankelijk van abiotische omstandigheden zoals ijzer in bodem, temperatuur). De grootte van de Graskarper zelf speelt ook een rol bij zijn capaciteit om bepaalde waterplanten al dan niet te eten. Grotere dichtheden Graskarper zullen tot meer

LEES VERDER OP P. 33

BOX 2 KOSTEN VAN MAAIEN EN GRASKARPER: EEN REKENVOORBEELD

In onderstaande tabel wordt een voorbeeld gegeven om kosten voor maaien en het gebruik van Graskarper met elkaar te vergelijken. De bedoeling is om te laten zien waar de kosten met name in zitten, niet om concrete kosten aan te geven. Er zijn twee typen wateren vergeleken: een lijnvormig water dat verbonden is met overige wateren en een cirkelvormig, geïsoleerd water. Het lijnvormige water heeft meer oeverlengte en zal een hekwerk nodig hebben indien er Graskarper wordt uitgezet. Er is een vrij groot aantal aannames gemaakt voor deze berekening:

- Er wordt met maaikorf gemaaid en het maaisel wordt op hopen gezet, getransporteerd en gestort;
- Per hectare is er 50 ton ~ 50 m³ vegetatie;
- Er wordt per jaar eenmaal gemaaid;
- Baggeren gebeurt met een baggerspuit en het slib wordt afgevoerd;
- Er is 0,2 m slib als er wordt gebaggerd;
- Er wordt eenmaal per 10 jaar gebaggerd in geval van maaien en tweemaal per 10 jaar in geval van het inzetten van graskarpers;
- Graskarpers worden uitgezet in een dichtheid van 200 per hectare;
- Graskarpers kosten € 5,00 per stuk;
- Graskarpers worden slechts eenmaal uitgezet;
- Eenheidsprijzen zijn afkomstig uit [Tabel 6.1](#);
- Kosten voor aanleg en onderhoud van hekwerk, monitoringkosten van de effecten van Graskarper en eventuele terugvangkosten zijn onbekend en niet meegenomen.

	Lijnvormig verbonden water (100x3m)	Cirkelvormig geïsoleerd water
Oppervlak (m ²)	300	300
Oeverlengte (m)	200	62
<i>Maaïen (€)</i>		
Maaikosten (eenmalig met maaikorf)	56	17
Op hopen zetten en transport	56	17
Stortkosten, uitgaande van 50 ton/ m ³ vegetatie per hectare	34	34
Totaal maaïen (eenmalig)	646	430
<i>Baggeren (€)</i>		
Baggeren (eenmalig met baggerspuit)	450	279
Baggeren en afvoeren uitgaande van 0,2 m slib	550	550
Totaal baggeren (eenmalig)	1000	829
<i>Inzet Graskarper (€)</i>		
Aanschaf Graskarper (uitgaande van 200 stuks per hectare)	30	30
Aanleg en onderhoud hekwerk	onbekend	0
Monitoring effecten Graskarper	onbekend	onbekend
Terugvangskosten	onbekend	onbekend
Kosten per 10 jaar (uitgaande van 1 maaibeurt per jaar en eenmalig baggeren per 10 jaar) (€)	7458	51
Kosten per 10 jaar (uitgaande van Graskarperuitzet en 1½ maal baggeren per 10 jaar) (€)	1530	1274

voedselcompetitie leiden en daarmee tot een grotere bereidheid ook niet-voorkeursplanten te eten. Zelfs soorten die normaliter worden gemeden zoals Ongelijkbladig vederkruid (*Myriophyllum heterophyllum*) worden dan gegeten, hoewel een totale verwijdering niet is gerapporteerd (Hanlon e.a., 2000; European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2016).

Samenvattend kan worden gesteld dat Graskarper geen preferentie voor uitheemse planten heeft en uitheemse planten voornamelijk zal eten als het een goed eetbare soort betreft. Als het doel primair is om uitheemse waterplanten te bestrijden en er geen noodzaak is een deel van de vegetatie te behouden kan er gekozen worden voor een hoge dichtheid Graskarper die, door voedselcompetitie gedreven, het grootste deel, of zelfs alle waterplanten zullen verwijderen, afhankelijk van de eetbaarheid van de soort. De beheerder moet dan wel de consequentie nemen dat na zo'n volledige verwijdering van de vegetatie de Graskarper vanuit het oogpunt van dierenwelzijn (deels) weer moeten worden verwijderd.

6.5 OMSTANDIGHEDEN EN WATERTYPEN WAARIN HET UITZETTEN VAN GRASKARPER EEN GESCHIKT ALTERNATIEF IS VOOR MECHANISCH BEHEER

6.5.1 Voorwaarden waaronder uitzetten van Graskarper mogelijk is

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'Kan Graskarper worden uitgezet zonder dat dit strijdig is met de werkzaamheden van de waterschappen (KRW, wetgeving) en onder welke voorwaarden?'

Strikt genomen kunnen waterschappen Graskarper altijd uitzetten in wateren waarvoor geen ecologische doelen (zoals, maar niet uitsluitend, KRW-doelen) zijn gesteld, zolang ze aan de wettelijke vereisten voldoen (zie ook het antwoord op de vraag m.b.t. wetgeving in § 6.5.2), nl. dat er maatregelen zijn getroffen zodat Graskarper niet uit het water kan ontsnappen, dat de eigenaar toestemming geeft en dat de wateren geen deel uitmaken van beschermings- of natuurgebieden.

Graskarper kan zowel positieve als negatieve ecologische effecten hebben, afhankelijk van de context en de (ecologische) waterkwaliteit van wateren waarin Graskarper wordt uitgezet. Graskarper kan daarmee invloed hebben op de wateren die hydrologisch verbonden zijn met wateren waarin hij is uitgezet, zelfs als hij zelf niet in die verbonden wateren voorkomt. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat een vergrote beschikbaarheid van nutriënten, veroorzaakt door Graskarper, invloed uitoefent op een verbonden water. De verslechterde waterkwaliteit zal dan negatief interfereren met de werkzaamheden van de waterschappen en/of de kwaliteitsdoelen voor het verbonden water. Als een geslaagde introductie van Graskarper leidt tot een verhoogde ecologische kwaliteit, bijvoorbeeld door het verwijderen van een invasieve exoot, dan kan dat een positief effect hebben op een verbonden water. In die zin kan het uitzetten van Graskarper positief interfereren. Indien de beheerder besluit tot het uitzetten van Graskarper dan is het te overwegen om steriele (triploïde) en gemerkte dieren te gebruiken en om vooraf reeds een monitoringplan te ontwikkelen voor de effecten van de uitzet en de aantallen Graskarper. Als besloten zou moeten worden graskarpers te verwijderen dan is het raadzaam reeds vooraf een bestemming voor deze dieren te hebben.

Samenvattend kan worden gesteld dat onder bepaalde omstandigheden Graskarper wettig kan worden uitgezet zonder dat dit negatief hoeft te interfereren met de werkzaamheden van de waterschappen. Die omstandigheden zijn echter sterk contextafhankelijk en de uitkomsten laten zich slecht voorspellen.

6.5.2 Wetgeving

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'Wanneer is het uitzetten van Graskarper strijdig met wetgeving?'

Het is verboden Graskarper uit te zetten in beken en rivieren, of in wateren die geheel of deels zijn gelegen in gebieden die vallen onder de Wet natuurbescherming (de zgn. Natura-2000 gebieden), of die geheel of gedeeltelijk liggen in een natuurgebied dat is aangewezen in een bestemmingsplan volgens de Wet ruimtelijke ordening (*Uitvoeringsregeling visserij, artikel 28*). In beginsel mag Graskarper ook niet worden uitgezet in overige wateren met uitzondering van wateren, waarvoor de eigenaar toestemming geeft en die niet in open verbinding staan met andere wateren, of die van andere wateren gescheiden zijn met een, in de Uitvoeringsregeling visserij nader gespecificeerd, hekwerk (*Uitvoeringsregeling visserij, artikel 62*).

6.5.3 Mogelijkheden voor uitzet

De oorspronkelijke vraag van STOWA luidde:



'In welk deel van het Nederlandse oppervlaktewater is uitzet mogelijk en zinvol?'

Uitzet van Graskarper kan in Nederland alleen plaatsvinden in wateren die hydraulisch geïsoleerd zijn, of afgesloten kunnen worden met een, aan bepaalde specificaties voldoende, hekwerk. Dit beperkt de toepasbaarheid van Graskarper, omdat het plaatsen van een hekwerk overige gebruiksfuncties van het water kan beperken. Dit zal met name gelden voor lijnvormige wateren die een functie vervullen in de aan- of afvoer van water. In dergelijke wateren zal waterplantenverwijdering o.a. plaatsvinden om de waterafvoer te waarborgen. Aangezien het voorgeschreven hekwerk voor de uitzet van Graskarper ofwel een maaswijdte mag hebben van maximaal 2,5 cm, of moet bestaan uit spijlen met een onderlinge afstand van ten hoogste 3 cm, zal de doorstroom van water hierdoor potentieel worden beperkt. Dit geldt nog sterker als het hek vervuild raakt (wat te voorkomen is door schoningswerkzaamheden die in de economische afweging van de toepassing van Graskarper moet worden meegenomen). Bovendien moet het voorgeschreven hek minstens 50 cm boven water uitsteken, wat met eventuele recreatie (zoals pleziervaart) kan interfereren. Er zijn ook wateren waarin hekwerken de gebruiksfuncties niet of veel minder belemmeren (zoals sommige stedelijke wateren en vijvers) waarvoor een andere afweging kan worden gemaakt.

Inzet van Graskarper is het meest zinvol in geïsoleerde, of relatief eenvoudig te isoleren wateren (die aan de wettelijke eisen voldoen) en waar een problematische woekering van planten optreedt. Wat problematisch is, is deels afhankelijk van de context en de gebruiksfuncties van een water, maar een woekering die leidt tot regelmatig optredende zuurstofloosheid (met daarmee gepaard gaande rotting en stankoverlast), of een dominantie van invasieve exoten zal daar in ieder geval onder vallen. In de meeste gevallen zal worden gestreefd naar een gedeeltelijke en niet een volledige verwijdering van waterplanten. Dat kan alleen zinvol gebeuren als de vegetatie die als problematisch wordt gezien effectief door Graskarper zal worden gegeten. Het is niet zinvol Graskarper uit te zetten in wateren waar op voorhand van bekend is dat de te bestrijden waterplant niet of slecht door Graskarper zal worden gegeten (hoewel dat niet in alle gevallen met zekerheid te voorspellen is).

Samenvattend kan worden gesteld dat Graskarper zinvol kan worden ingezet in geïsoleerde wateren, of wateren die met een hekwerk kunnen worden geïsoleerd zonder te interfereren met de gebruiksfuncties, als aan de wettelijke eisen wordt voldaan en als er een ernstige woekering plaatsvindt met waterplanten die met een redelijke mate van zekerheid door Graskarper zullen worden gegeten.

H7 ONZEKERHEDEN EN LEEMTES IN KENNIS

Het gebruik van Graskarper als beheermaatregel kent een aantal onzekerheden. Een aantal daarvan heeft te maken met leemtes in kennis die aangevuld kunnen worden door aanvullend onderzoek. Een aantal andere onzekerheden heeft te maken met biologische interacties, sommige van grote complexiteit, die per definitie niet heel precies zijn te voorspellen, bijvoorbeeld omdat de precieze context heel nauw luistert. Dit tweede soort onzekerheden kan waarschijnlijk beter worden benaderd door een aanpak waarbij de belangrijkste biologische processen worden gemodelleerd. Dergelijke modellen hebben vooral als doel om de richtingen te verkennen waarin een systeem met Graskarper zich onder verschillende omstandigheden zal kunnen ontwikkelen. Dergelijke modellen staan nog in de kinderschoenen, maar worden momenteel verder ontwikkeld. Als dergelijke modellen gecombineerd worden met een *'trial and error'* benadering, waarbij een ingreep wordt gedaan die vervolgens nauwkeurig wordt gemonitord en eventueel wordt bijgesteld, is er nog wezenlijke winst te behalen in het begrip van Graskarper-vegetatie-systemen. Onderstaand wordt een aantal belangrijke onzekerheden behandeld, ingedeeld naar de hoofdonderwerpen van deze studie.

7.1 DIEET EN VOEDSELGEBRUIK DOOR GRASKARPER

Graskarper is zeer goed in staat planten te eten, maar heeft een dieet dat breder is. Dorenbosch & Bakker (2012) beschouwen Graskarper zelfs primair als een omnivore vis met een grote afhankelijkheid van planten. Graskarper kan een grote verscheidenheid aan planten eten, maar welke precies wordt gegeten is afhankelijk van een hele reeks factoren, zowel m.b.t. de Graskarper zelf (leeftijd, formaat, dichtheid) als met biologische en abiotische milieumomstandigheden (kwaliteit en soortensamenstelling van de aanwezige planten, aanwezigheid ander voedsel, chemische watersamenstelling). Aangezien geen twee wateren precies hetzelfde zijn zal er altijd een bepaalde onzekerheid blijven bestaan over wat en hoeveel Graskarper zal gaan eten na uitzetting.

Een nuttige aanvulling in het onderzoek zou kunnen zijn om productie van waterplanten directer te koppelen aan de consumptie door Graskarper, middels modelstudies gekoppeld aan gerichte experimenten.

7.2 ECOLOGISCHE EFFECTEN VAN GRASKARPER OP WATEREN

De ecologische effecten die Graskarper heeft op het ecosysteem verlopen voornamelijk via het verwijderen van planten. Afhankelijk van de samenstelling van de planten en de mate van verwijdering verandert de ecologie van het water. Bij grote dichtheden Graskarper is de kans groot dat het grootste deel of alle vegetatie wordt verwijderd, wat een negatief effect op de ecologie heeft. Bij lagere dichtheden is wat er gebeurt weer sterk contextafhankelijk. Graskarper kan hierbij zowel een positief (tegengaan van zeer grote variaties in dag-nacht ritmiek van zuurstof door een te grote plantenbiomassa; vergroten van de diversiteit van het habitat; verwijderen van invasieve exoten) als een negatief (bevorderen van exoten door het weg-eten van inheemse soorten; verspreiding van exotische planten door fragmentatie van stengeldelen) effect op de ecologie hebben. Er zal dan ook altijd enige onzekerheid blijven bestaan over wat er precies gebeurt na het uitzetten van Graskarper.

7.3 EFFECTIVITEIT EN EFFICIËNTIE VAN GRASKARPER ALS BEHEERMAATREGEL VOOR DE BEPERKING VAN WATERPLANTENGROEI

Zoals in de vorige paragrafen beschreven zal er altijd enige onzekerheid blijven bestaan over de effecten van de inzet van Graskarper. Het is voldoende aangetoond dat Graskarper de plantengroei kan beperken, maar de dichtheden waarbij een gedeeltelijke verwijdering plaatsvindt zijn niet met zekerheid vast te stellen. Ook hierbij is de contextgevoeligheid heel groot. Het nader leren kennen van de koppeling van waterplantenproductie met de consumptie door Graskarper zou een aanvulling kunnen zijn om tot een gericht beheer en betere inschattingen van gewenste dichtheden te komen.

7.4 POSITIEVE EN NEGATIEVE EFFECTEN VAN GRASKARPER BIJ DE BESTRIJDING VAN INVASIEVE EXOTEN

Graskarper heeft niet per se een voorkeur voor, of een afkeer van exotische waterplanten. De weefseleigenschappen van de waterplanten geven de doorslag. Als exotische waterplanten bijvoorbeeld goed worden gegeten vanwege hun zachte weefsel, dan kan Graskarper een nuttige rol spelen bij de bestrijding van exoten, maar als inheemse soorten liever worden gegeten dan kan Graskarper de groei van exotische waterplanten juist bevorderen. Er zijn tal van waterplanten, waaronder veel snelgroeiende exoten, die zich verspreiden via fragmenten. Graskarper kan door zijn manier van eten, waarbij delen van de stengel worden afgebeten en door zijn gedeeltelijke vertering van plantenmateriaal een rol spelen bij de verspreiding van zulke planten. Hoe dat precies in zijn werk gaat en hoe groot de impact daarvan is, is niet bekend. Het onderzoeken wat het effect van Graskarper is op de verspreiding van invasieve exotische waterplanten zou daarom een nuttige aanvulling voor de kennisbasis kunnen zijn.

7.5 OMSTANDIGHEDEN EN WATERTYPEN WAARIN HET UITZETTEN VAN GRASKARPER EEN GESCHIKT ALTERNATIEF IS VOOR MECHANISCH BEHEER

Het watertype waarin Graskarper mag worden uitgezet in Nederland is duidelijk door de wetgever omschreven. Afhankelijk van de problematiek zou Graskarper in die wateren kunnen worden uitgezet. Graskarper kan als een kosteneffectief alternatief voor maaien worden gezien, maar in de beschouwingen daarover wordt een aantal zaken veelal niet meegenomen. Uitzetten van Graskarper heeft een minder rigoureuze verstoring tot gevolg dan maaien waarbij het systeem teruggezet wordt in zijn ontwikkeling. Waar bij maaien nutriënten uit het systeem verwijderd worden, zal dat niet het geval zijn bij Graskarper. Zo'n 50% van het geconsumeerde materiaal door de Graskarper komt weer in het watersysteem als onverteerd materiaal terecht wat een extra bron voor slibvorming is. De grootte van die extra slibvorming is onbekend, maar lijkt op basis van benaderingen uit deze studie beperkt, maar niet verwaarloosbaar. In welke mate deze extra slibvorming bijdraagt aan het eventueel vaker moeten baggeren is tot op heden onbekend. Andere, tot nu toe onbekende, kosten die moeten worden meegenomen zijn die voor aanleg en onderhoud van eventuele hekwerken om Graskarper uit verbonden wateren weg te houden, kosten voor het monitoren van de graskarperstand en het effect van Graskarper, en eventuele kosten voor het wegvangen van een surplus aan Graskarper.

H8 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Naar aanleiding van deze studie kan worden geconcludeerd dat het uitzetten van Graskarper voor de verwijdering van overmatige waterplantengroei in Nederland mogelijk toepasbaar is in een beperkt aantal wateren. Het is, met de huidige kennis van zaken, niet volledig voorspelbaar wat de effecten van het uitzetten van Graskarper zullen zijn en het is de vraag of dat ooit het geval zal zijn. De effecten van Graskarper zijn namelijk sterk contextafhankelijk.

Desalniettemin zou Graskarper kunnen worden toegepast in geïsoleerde of te isoleren wateren waarin sprake is van een ernstig ecologisch probleem en waarvoor geen wettelijke of KRW-richtlijn-gerelateerde beperkingen gelden. In die gevallen zou een kosten-batenanalyse kunnen worden gemaakt om te bepalen of het uitzetten van Graskarper efficiënt is. Een voorwaarde hierbij is dat geen andere ecologische belangen op het spel staan.

Overwegingen die nadrukkelijk moet worden meegenomen zijn dat er ook negatieve effecten kunnen optreden, dat Graskarper zelf ook een exoot is die potentieel invasief is en dat onwettige/illegale uitzet gemakkelijk kan plaatsvinden. Dit is een zwaarwegend argument om terughoudend te zijn met het uitzetten van Graskarper.

H9 LITERATUUR

- Ade, C.M., Boone, M.D. & Puglis, H.J. (2010). Effects of an Insecticide and Potential Predators on Green Frogs and Northern Cricket Frogs. *Journal of Herpetology* 44, 591-600.
- Bain, M.B. (1993). Assessing impacts of introduced aquatic species: grass carp in large systems. *Environmental Management* 17, 211-224.
- Bakker, E.S., Van Donk, E., Declerck, S.A.J., Helmsing, N.R., Hidding, B. & Nolet, B.A. (2010). Effect of macrophyte community composition and nutrient enrichment on plant biomass and algal blooms. *Basic and Applied Ecology* 11, 432-439.
- Bakker, E.S., Wood, K.A., Pagès, J.F., Veen, G.F., Christianen, M.J.A., Santamaría, L., Nolet, B.A. & Hilt, S. (2016). Herbivory on freshwater and marine macrophytes: A review and perspective. *Aquatic Botany*.
- Bonar, S.A., Sehgal, H.S., Pauley, G.B. & Thomas, G.L. (1990). Relationship between the chemical composition of aquatic macrophytes and their consumption by grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Journal of Fish Biology* 36, 149-157.
- Bonar, S.A., Thomas, G.L., Thiesfeld, S.L., Pauley, G.B. & Stables, T.B. (1993). Effect of triploid grass carp on the aquatic macrophyte community of Devils Lake, Oregon. *North American Journal of Fisheries Management* 13, 757-765.
- Catarino, L.F., MT; Moreira, IS (1997). Preferences of grass carp for macrophytes in Iberian drainage channels. *Journal of Aquatic Plant Management* 35, 79-83.
- Chilton, E.W. & Muoneke, M.I. (1992). Biology and management of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, *Cyprinidae*) for vegetation control: a North American perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2, 283-320.
- Clayton, J.S. & Wells, R. (1999). Some issues in risk assessment reports on grass carp and silver carp: Department of Conservation.
- Copp, G.H., Vilizzi, L., Mumford, J., Fenwick, G.V., Godard, M.J. & Gozlan, R.E. (2009). Calibration of FISK, an Invasiveness Screening Tool for Nonnative Freshwater Fishes. *Risk Analysis* 29, 457-467.
- Cross, D.G. (1969). Aquatic Weed Control using Grass Carp. *Journal of Fish Biology* 1, 27-30.
- Cudmore, B., Jones, L.A., Mandrak, N.E., Dettmers, J.M., Chapman, D.C., Kolar, C.S. & Conover, G. (2017). Ecological Risk Assessment of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) for the Great Lakes Basin. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/118, vi + 115p.
- Cudmore, B. & Mandrak, N. E. (2004). Biological synopsis of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Can. MS Rpt. Fish. Aquat. Sci.* 2705, v + 44p.
- Dibble, E.D. & Kovalenko, K. (2009). Ecological impact of grass carp: a review of the available data. *Journal of Aquatic Plant Management* 47, 1-15.
- Dorenbosch, M. & Bakker, E.S. (2012). Effects of contrasting omnivorous fish on submerged macrophyte biomass in temperate lakes: a mesocosm experiment. *Freshwater Biology* 57, 1360-1372.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (2016). Data sheets on pests recommended for regulation: *Myriophyllum heterophyllum* Michaux. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 46, 20-24.
- Fedorenko, A.Y. & Fraser, F.J. (1978). Review of grass carp biology In *Technical Report No. 786.*, p. 15 p. Vancouver, BC: Interagency Committee on Transplants and Introductions of Fish and Aquatic Invertebrates in British Columbia, Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service.
- Fischer, Z. (1970). The elements of energy balance in Grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) Part I. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 17, 421-434.

- Fischer, Z. (1972a). The elements of energy balance in Grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) Part II. Assimilability of proteins, carbohydrates, and lipids by fish fed with plant and animal food. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 19, 83-95.
- Fischer, Z. (1972b). The elements of energy balance in Grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) Part II. Fish fed with animal food. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 19, 65-82.
- Fischer, Z. (1973). The elements of energy balance in Grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) Part IV. Consumption rate of Grass carp fed on different type of food. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20, 309-318.
- Forester, J.S. & Avault, J.W., Jr. (1978). Effects of Grass carp on freshwater Red Swamp crawfish in ponds. *Transactions of the American Fisheries Society* 107, 156-160.
- Forester, J.S.A., J.W., Jr. (1978). Effects of Grass carp on freshwater Red Swamp crawfish in ponds. *Transactions of the American Fisheries Society* 107, 156-160.
- Garner, A.B., Kwak, T.J., Manuel, K.L. & Barwick, D.H. (2013). High-density Grass carp stocking effects on a reservoir invasive plant and water quality. *Journal of Aquatic Plant Management*, 27-33.
- Garner, A.B.K., Thomas J.; Manuel, Kenneth L.; Barwick, D. Hugh (2013). High-density Grass carp stocking effects on a reservoir invasive plant and water quality. *Journal of Aquatic Plant Management*, 27-33.
- Gozlan, R.E., Britton, J.R., Cowx, I. & Copp, G.H. (2010). Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. *Journal of Fish Biology* 76, 751-786.
- Hanlon, S.G., Hoyer, M.V., Cichra, C.E. & Canfield, D. E. (2000). Evaluation of macrophyte control in 38 Florida lakes using triploid grass carp. *Journal of Aquatic Plant Management* 38, 48-54.
- Hickling, C.F. (1966). On the feeding process in the White Amur, *Ctenopharyngodon idella*. *Journal of Zoology* 148, 408-419.
- Hofstra, D. & Clayton, J. (2014). Native flora and fauna response to removal of the weed *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle in Lake Tutira. *Hydrobiologia* 737, 297-308.
- Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (2010). Baggernota HHSK 2011-2015: Baggeren mét en vóór beleid. p. 42. Rotterdam: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- Huisman, E.A. & Valentijn, P. (1981). Conversion efficiencies in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Val.) using a feed for commercial production. *Aquaculture* 22, 279-288.
- Jordan, M. (2003). Grass carp: are they a safe biological control agent for nuisance aquatic vegetation? , pp. 1-5. Cold Spring Harbor, NY: The Nature Conservancy, NY, USA.
- Kilgen, R.H. & Smitherman, R.O. (1971). Food Habits of the White Amur Stocked in Ponds Alone and in Combination with other Species. *The Progressive Fish-Culturist* 33, 123-127.
- Kirk, J.P., Manuel, K.L. & Lamprecht, S.D. (2014). Long-term population response of triploid Grass Carp stocked in Piedmont and Coastal Plain reservoirs to control hydrilla. *North American Journal of Fisheries Management* 34, 795-801.
- Kırkağaç, M.U. & Demir, N. (2006). The Effects of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella* Val. 1844) on water quality, plankton, macrophytes and benthic macroinvertebrates in a spring pond. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6.
- Krzywosz, T.K., W.; Radziej, J. (1980). The effect of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.), on aquatic vegetation and ichthyofauna of Lake Dgal Wielki. *Ekologia Polska* 28, 433-450.
- Leslie, A. J., Jr., Dyke, J. M. V., Hestand, R. S., III & Thompson, B. Z. (1987). Management of aquatic plants in multi-use lakes with grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Lake and Reservoir Management* 3, 266-276.
- Lodge, D. M. (1991). Herbivory on freshwater macrophytes. *Aquatic Botany* 41, 195-224.

- Maceina, M.J., Cichra, M.F., Betsill, R.K. & Bettoli, P.W. (1992). Limnological Changes in a Large Reservoir Following Vegetation Removal by Grass Carp. *Journal of Freshwater Ecology* 7, 81-95.
- McKnight, S.K. & Hepp, G.R. (1995). Potential effect of grass carp herbivory on waterfowl foods. *Journal of Wildlife Management* 59, 720-727.
- Michewicz, J.E., Sutton, D.L. & Blackburn, R.D. (1972). *The White Amur for Aquatic Weed Control*. *Weed Science* 20, 106-110.
- Milardi, M., Lanzoni, M., Kiljunen, M., Torniaainen, J. & Castaldelli, G. (2015). Natural recruitment contributes to high densities of grass carp *Ctenopharyngodon idella* (valenciennes, 1844) in Western Europe. *Aquatic Invasions* 10, 439-448.
- Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (2010). *Invasieve waterplanten in Nederland: veldgids*. Wageningen: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Plantenziektenkundige Dienst.
- Mitchell, D.S., ed. (1974). *Aquatic vegetation and its use and control: a contribution to the international hydrological decade*. Paris: UNESCO.
- Nehring, S., Essl, F., Klिंगenstein, F., Nowack, C., Rabitsch, W., Stöhr, O., Wiesner, C. & Wolter, C. (2010). Schwarze Liste invasiver Arten: Kriteriensystem und Schwarze Listen invasiver Fische für Deutschland und für Österreich. In *Bundesamt für Naturschutz-Skripten*, pp. 1-185. Bonn, Germany: Federal Agency for Nature Conservation.
- Parker, J.D. & Hay, M.E. (2005). Biotic resistance to plant invasions? Native herbivores prefer non-native plants. *Ecology Letters* 8, 959-967.
- Peeters, E.T.H.M., Veraart, A.J., Verdonshot, R.C.M., van Zuidam, J.P., de Klein, J.J.M. & Verdonshot, P.F.M. (2014). *Sloten: ecologisch functioneren en beheer*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Peters, J.S. (2016). Werkdocument Graskarper. Project Waterplantenbeheer. pp. 1-42. Bilthoven, The Netherlands: Sportvisserij Nederland.
- Peters, J.S. & van Emmerik, W.A.M. (2016). Waterplantenbeheer met graskarper. pp. 1-102. Bilthoven, The Netherlands: Sportvisserij Nederland.
- Petr, T. (2000). Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters: a review. *FAO Fisheries Technical Paper* 396, 1-185.
- Petridis, D. (1990). The influence of grass carp on habitat structure and its subsequent effect on the diet of tench. *Journal of Fish Biology* 36, 533-544.
- Pípalová, I. (2002). Initial impact of low stocking density of grass carp on aquatic macrophytes. *Aquatic Botany* 73, 9-18.
- Pípalová, I. (2003). Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) grazing on duckweed (*Spirodela polyrrhiza*). *Aquaculture International* 11, 325-336.
- Pípalová, I. (2006). A review of grass carp use for aquatic weed control and its impact on water bodies. *Journal of Aquatic Plant Management* 44, 1-12.
- Pípalová, I.K., J; Adámek, Z (2009). Limnological changes in a pond ecosystem caused by Grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) low stocking density. *Czech Journal of Animal Sciences* 54, 31-45.
- Pot, R. & ter Heerdt, G.N.J. (2014). Succession dynamics of aquatic lake vegetation after restoration measures: increased stability after 6 years of development. *Hydrobiologia* 737, 333-345.
- Richard, D.I., Small Jr, J.W. & Osborne, J.A. (1985). Response of zooplankton to the reduction and elimination of submerged vegetation by grass carp and herbicide in four Florida lakes. *Hydrobiologia* 123, 97-108.

- Schiphouwer, M.E., van Kessel, N., Matthews, J., Leuven, R.S.E.W., van de Koppel, S., Kranenbarg, J., Haenen, O.L.M., Lenders, H.J.R., Nagelkerke, L.A.J., van der Velde, G., Crombaghs, B.H.J.M. & Zollinger, R. (2014). *Risk analysis of exotic fish species included in the Dutch Fisheries Act and their hybrids*. p. 207. Nijmegen, The Netherlands: Nederlands Expertise Centrum Exoten (NEC-E).
- Shireman, J.V. & Maceina, M.J. (1981). The utilization of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val., for hydrilla control in Lake Baldwin, Florida. *Journal of Fish Biology* 19, 629-636.
- Shireman, J.V. & Smith, C.R. (1983). *Synopsis of biological data on the grass carp, Ctenopharyngodon idella (Cuvier and Valenciennes, 1844)*. Rome, Italy: Food & Agriculture Organisation.
- Stanley, J.G., Miley, W.W. & Sutton, D.L. (1978). Reproductive Requirements and Likelihood for Naturalization of Escaped Grass Carp in the United States. *Transactions of the American Fisheries Society* 107, 119-128.
- Stich, D.S., Diczenco, V., Frimpong, E.A., Jiao, Y. & Murphy, B.R. (2013). Growth and Population Size of Grass Carp Incrementally Stocked for Hydrilla Control. *North American Journal of Fisheries Management* 33, 14-25.
- Takamura, N., Li, J.-L., Yang, H.-Q., Zhu, X.-B. & Miura, T. (1993). A Novel Approach to Evaluate Feeding by Mixed Cyprinid Species in a Chinese Integrated Fish Culture Pond Using Measurements of Chlorophyll Derivatives and Photosynthesis in Gut Contents. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50, 946-952.
- ter Heerdt, G. (2014). *Waterplanten maaien, conserveren en verwerken*. Amsterdam: Waternet.
- van den Berg, M.S. & Pot, R., eds. (2007). *Achtergronddocument referenties en maatlatten overige waterflora ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water: Expertteams, 2007*.
- van der Veer, G. & Nentwig, W. (2015). Environmental and economic impact assessment of alien and invasive fish species in Europe using the generic impact scoring system. *Ecology of Freshwater Fish* 24, 646-656.
- Van Dyke, J.M. & Sutton, D.L. (1977). Digestion of duckweed (*Lemna* spp.) by the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Journal of Fish Biology* 11, 273-278.
- Van Zon, J.C.J. (1977). Grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) in Europe. *Aquatic Botany* 3, 143-155.
- van Zon, J.C.J. (1979). The use of Grass carp in comparison with other aquatic weed control methods. In *Grass carp Conference* (Shireman, J.V., ed.), pp. 15-24. Gainesville, Florida: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences.
- van Zon, J.C.J., van der Zweerde, W. & Hoogers, B.J. (1978). *The grass carp, its effects and side effects*. In *4th International Symposium on the Biological Control of Weeds* (Freeman, T.E., ed.), pp. 251-256. Gainesville, Florida: University of Florida.
- Vincent, J.F.V. & Sibbing, F.A. (1992). How the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) chooses and chews its food - some clues. *Journal of Zoology* 226, 435-444.
- von Meijenfeldt, N., Moria, L., Ouboter, M., Schep, S., van der Wal, B. & van der Wijngaart, T. (2014). *Ecologische sleutelfactoren: begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen*. Amersfoort: STOWA.
- Waterschap Aa en Maas (2007). Beleidsnota Baggeren en Herprofileren. http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/historie/Waterschap%20Aa%20en%20Maas/272083/272083_1.html.
- Werkgroep Graskarper N.R.L.O. (1984). Graskarper in Nederland. (Provoost, K.J., Riemens, R.G., Willemsen, J. & van der Zweerde, W., eds.), pp. 1-144. Wageningen: N.R.L.O.

- Wittmann, M.E., Jerde, C.L., Howeth, J.G., Maher, S.P., Deines, A.M., Jenkins, J.A., Whitley, G. W., Burbank, S.R., Chadderton, W.L., Mahon, A.R., Tyson, J.T., Gantz, C.A., Keller, R.P., Drake, J.M. & Lodge, D.M. (2014). Grass carp in the Great Lakes region: Establishment potential, expert perceptions, and re-evaluation of experimental evidence of ecological impact. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71, 992-999.
- Wood, K.A., O'Hare, M.T., McDonald, C., Searle, K.R., Daunt, F. & Stillman, R.A. (2016). Herbivore regulation of plant abundance in aquatic ecosystems. *Biol Rev Camb Philos Soc*.
- Yu, J., Zhen, W., Guan, B., Zhong, P., Jeppesen, E. & Liu, Z. (2016). Dominance of *Myriophyllum spicatum* in submerged macrophyte communities associated with grass carp. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 24.
- Zhang, H. & Chang, W.Y.B. (1994). Management of inland fisheries in shallow eutrophic, mesotrophic and oligotrophic lakes in China. In *Inland waters of tropical Asia and Australia: conservation and management* (Dudgeon, D., Lam, P.K.S. & Sladeczkova, A., eds.), pp. 225-229. Stuttgart: Schweizerbart.
- Zonderwijk, P. (1985). Tien jaar onderzoek met graskarpers. *Waterschapsbelangen* 70, 293.

BIJLAGE A: STARTNOTITIE STOWA

EFFECTEN VAN GRASKARPER OP DE KWALITEIT VAN WATERSYSTEMEN

Versie 0.2 concept.

19 aug 2016

Auteur: Peter Heuts & Marco Beers

I ALGEMEEN

I.I Aanleiding

De waterschappen zijn als waterbeheerder verantwoordelijk voor de zorg voor gezond water van goede kwaliteit. Ook dragen ze zorg voor een duurzaam en gezond ecologisch watersysteem. De Kaderrichtlijn Water, een Europese richtlijn, schrijft voor dat de waterkwaliteit in 2027 op orde is: gezond water voor mens, plant en dier.

Waterschappen worden door hengelsportorganisaties en door Sportvisserij Nederland veelvuldig benaderd met het verzoek om graskarpers uit te zetten. De redenen die hiervoor worden genoemd, zijn het tegengaan van de overmatige groei van watervegetatie en bestrijding van de excessieve groei van exotische waterplanten. Graskarper zou een financieel aantrekkelijk en minder verstorend alternatief zijn voor het regelmatig maaien van waterplanten en de inzet van de hydroventuri ter bestrijding van invasieve exoten. Uit ervaringen met eerdere uitzettingen van graskarper is echter gebleken dat alle waterplanten kunnen verdwijnen en dat waterkwaliteitsproblemen, bijvoorbeeld bloei van blauwalgen kan ontstaan. De Nederlandse waterschappen willen daarom meer inzicht krijgen in de effecten van graskarperuitzet.

I.II GRASKARPER EN PROBLEEMSCHETS

Graskarper (*Ctenopharyngodon idella*) is een grote (tot 125 cm) herbivore vis afkomstig uit Azië. Graskarper wordt in Nederland uitgezet om de watervegetatie te controleren, maar dat kan leiden tot (zeer) ongewenste veranderingen in het ecosysteem. Graskarpers zijn vraatzuchtige consumenten van waterplanten en kunnen gewenste plantensoorten geheel elimineren, terwijl ongewenste plantensoorten de overhand kunnen krijgen. Ze beïnvloeden de visstand en macrofauna en daardoor de voedselketen en de trofische structuur van het aquatisch systeem. Graskarpers kunnen zich (nog) niet voortplanten in Nederland. Zij worden vrij oud waardoor hun invloed jarenlang aanwezig blijft. De vis trekt van nature en daarom is uitzetten aan strikte regels gebonden (*Bijlage A-IV*) en alleen toegestaan in geïsoleerde wateren. De vissen worden echter op plekken aangetroffen waar ze niet uitgezet zijn. Dat kan komen door ontsnappingen, verplaatsen door hengelaars (is niet toegestaan) of illegale uitzettingen.

Het eetgedrag van Graskarper wordt beïnvloed door de watertemperatuur, grootte van de vis en de samenstelling van de vegetatie. Graskarpers prefereren planten met weinig vezels.

PROBLEEMSCHETS:

1. Het uitzetten van graskarpers kan strijdig zijn met de verantwoordelijkheid van waterschappen:

Graskarper is in staat om de biomassa van de vegetatie te reduceren door consumptie. Bij intensieve reductie kan het systeem van plantenrijk, helder water omslaan naar een algenrijk en troebel systeem. Dit is ecologisch gezien ongewenst en tevens in strijd met de Europese Kaderrichtlijn Water. Deze omslag wordt bereikt als er meer graskarpers worden uitgezet dan er voedsel beschikbaar is. Als er te weinig graskarpers worden uitgezet dan verdwijnt de vegetatie niet en blijven in ieder geval die plantensoorten over die graskarper minder graag eet. Dan wordt mogelijk de (door hengelsport) beoogde reductie niet behaald en moet door het waterschap toch nog (intensief) gemaaid worden.

2. Wat is de juiste hoeveelheid graskarper om waterplanten te bestrijden, maar ongewenste negatieve effecten te voorkomen?

De graskarper wordt als jonge vis uitgezet (circa 30 cm groot om predatie door aalscholvers tegen te gaan). De vis kan vrij oud en groot worden. De voedselbehoefte per dier is afhankelijk van zijn lengte en zal dus toenemen met toenemende lengte. Daarnaast is de temperatuur een belangrijke sturende factor in zijn eetgedrag. Waterplanten kennen ook een seizoensdynamiek. Sommige planten sterven af in de winter, andere niet. De groei van waterplanten is afhankelijk van o.a. de watertemperatuur en de daglichtlengte. Is het mogelijk om deze twee dynamische processen te sturen en op elkaar af te stemmen, zodat de gewenste hoeveelheid vegetatie wordt verwijderd, maar ook gewenste plantensoorten blijven staan?

3. Inzet graskarpers:

Omdat graskarper alleen mag worden uitgezet in afgesloten/afgezette wateren, is de inzet van graskarper in het hoofdwatersysteem geen optie. Hierin moet de water aan- en afvoer te allen tijde gegarandeerd blijven, waardoor het aanbrengen van roosters/hekwerken geen optie is. Daardoor is de inzet van graskarper beperkt (alleen toepasbaar in geïsoleerde wateren).

4. Graskarpers en de bestrijding van exoten:

Onder andere uitheemse soorten van vederkruid behoren tot de ongewenste plantensoorten voor graskarper. Het uitzetten van graskarper ter bestrijding van deze exoten is daarmee zinloos en ongewenst omdat graskarpers in een omgeving worden gebracht waar ze ongewenst voedsel tot hun beschikking hebben. Dit is in strijd met de zorgplicht (de Flora- en faunawet schrijft voor dat nadelige gevolgen voor planten en dieren moeten worden voorkomen). Sommige uitheemse soorten, zoals Cabomba worden wel door de graskarper gegeten. In welke gevallen kan graskarper ingezet worden voor de bestrijding van uitheemse waterplanten?

KADER 1: TOELICHTING EXOTENBESTRIJDING

Exoten zoals grote waternavel (*Hydrocotyle ranunculoides*), ongelijkbladig vederkruid (*Myriophyllum heterophyllum*) en waterwaaier (*Cabomba caroliniana*) kunnen een serieuze bedreiging vormen voor de doorstroming van de watergangen. Daardoor neemt de kans op schade en overlast bij regenval toe. Daarnaast hebben zij door hun invasieve karakter een negatieve invloed op de waterkwaliteit en de biodiversiteit.

Bestrijding van exotische waterplanten kan volgens drie strategieën: elimineren (actief verwijderen), beheersen (proberen met regulier maaien de soort binnen de perken te houden) of accepteren (niets doen, laten woekeren). Landelijk wordt voor de hierboven genoemde exotische waterplanten elimineren geadviseerd.

Vanuit de sportvisserij wordt regelmatig de graskarper genoemd voor het oplossen van de problemen met het ongelijkbladig vederkruid en waterwaaier. In de literatuur (o.a. Sanders [1991] in Jordan [2003]) zijn lijsten van plantensoorten opgenomen die bij voorkeur door graskarper gegeten worden (o.a. *Chara* spp., *Cabomba*), soms gegeten worden (o.a. *Potamogeton* spp., *Azolla*) en die niet de voorkeur van de vis hebben (o.a. *Ceratophyllum*, *Myriophyllum* spp.).

I.III DOEL LITERATUURONDERZOEK GRASKARPER

Overzicht krijgen van de stand van zaken met betrekking tot de uitzet van graskarper. Met deze informatie inzicht krijgen in welke mate met graskarper waterplanten beheerd kunnen worden. Als voorwaarde daarbij geldt dat het uitzetten van graskarpers moet passen binnen de zorgplicht van de Flora- en faunawet en de KRW-doelen voor waterplanten niet negatief mag beïnvloeden. Om de gewenste informatie te verkrijgen dienen onderstaande onderzoeksvragen nader te worden uitgewerkt.

I.IV ONDERZOEKSVRAGEN

Om inzicht te krijgen in de huidige stand van zaken van de visstand en het effect van een aantal maatregelen te onderzoeken zijn 5 onderzoeksvragen benoemd. Voor de beantwoording van de vragen is inmiddels een aantal artikelen verzameld over graskarper. Deze zullen aan de WUR ter beschikking worden gesteld.

DE VRAGEN:

1. Kan graskarper worden uitgezet zonder dat dit strijdig is met de werkzaamheden van de waterschappen (KRW, wetgeving) en onder welke voorwaarden?
2. Is het mogelijk om dichtheden graskarper vast te stellen die geen negatief effect hebben op de waterkwaliteit en de ontwikkeling van gewenste waterplanten, maar wel meer open water (minder woekerende planten) bieden en leiden tot een lagere benodigde maai-intensiteit? Zo ja, wat zijn die dichtheden of hoe kunnen we die vaststellen?

SUBVRAGEN:

3. Is graskarper 100% herbivoor? Volgens Dorenbosch (2012) eten ze ook macrofauna, dit kan grootte afhankelijk zijn (juvenile individuen eten wel macrofauna, maar volwassen exemplaren zouden 100% herbivoor zijn (mededeling W. van Emmerik, Sportvisserij Nederland)).
4. In hoeverre is graskarper in staat om de watervegetatie dusdanig te reduceren dat daarvoor het aquatisch ecosysteem verandert?
5. Zijn er gewenste dichtheden graskarper vast te stellen en te beheren? Bij welke dichtheden graskarper wordt de vegetatie zodanig teruggedrongen dat maaien niet/minder nodig is en vissen (hengelsport) goed mogelijk is, zonder dat er negatieve gevolgen zijn voor de waterkwaliteit en voor de KRW-beoordeling voor soortensamenstelling macrofyten?
6. Wat is de invloed van graskarpers op de (inheemse) biodiversiteit (macrofauna, visstand, waterplantenetende vogels etc.) en waterkwaliteit (verandering trofisch niveau en voedselweb)?
7. In welke gevallen kan graskarper ingezet worden voor de bestrijding van uitheemse waterplanten?
8. Wanneer is het uitzetten van graskarper strijdig met wetgeving?
9. In welk deel van het Nederlandse oppervlaktewater is uitzet mogelijk en zinvol?
10. Wat zijn in geïsoleerde wateren de voordelen van graskarper ten opzichte van maaien?

II PROJECTORGANISATIE

Van de opdrachtnemer wordt verwacht dat zowel voldoende visdeskundigheid wordt ingebracht als deskundigheid op gebied van waterkwaliteit (vakgroep Aquatische ecologie WUR). Het begeleidingsteam en de planning zijn in dit hoofdstuk aangegeven. Ook is het beschikbare budget van de waterschappen weergegeven.

II.I PROJECTTEAM

Voor deze literatuurstudie is een projectteam samengesteld.

Peter Heuts	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, <i>projectleider</i>
Bas van der Wal	Stowa
Willie van Emmerik	Sportvisserij Nederland
Leo Apon	Waterschap Hollandse Delta
Marco Beers	Waterschap Brabantse Delta
Peter Paul Schollema	Waterschap Hunze en Aa's
Marianne Wolfs	Waterschap Zuiderzeeland

II.II PRODUCT EN PLANNING LITERATUURONDERZOEK

Het eindresultaat zal in een integraal rapport worden weergegeven. Verspreiding van rapport zal plaatsvinden via STOWA, Sportvisserij Nederland en de Unie van Waterschappen. Daarnaast wordt gestreefd om een artikel over het onderzoek te publiceren in Visionair, H2O en eventueel andere tijdschriften.

Oplevering: eind 2016; eventueel eindconcept in 2016 en definitief rapport begin 2017 (in overleg met opdrachtnemer).

III BESCHIKBARE LITERATUUR

(ca 30-40 artikelen beschikbaar)

- Copp, G.H., Vilizzi, L., Mumford, J., Fenwick, G.V., Godard, M.J. & Gozlan, R.E. (2009). *Calibration of FISK, an Invasiveness Screening Tool for Nonnative Freshwater Fishes*. *Risk Analysis* 29, 457-467.
- Dibble, E.D. & Kovalenko, K. (2009). *Ecological impact of grass carp: a review of the available data*. *Journal of Aquatic Plant Management* 47, 1-15.
- Dorenbosch, M. & Bakker, E.S. (2011). *Herbivory in omnivorous fishes: effect of plant secondary metabolites and prey stoichiometry*. *Freshwater Biology* 56(9): 1783-1797.
- Dorenbosch, M. & Bakker, E.S. (2012). *Effects of contrasting omnivorous fish on submerged macrophyte biomass in temperate lakes: a mesocosm experiment*. *Freshwater Biology* 57, 1360-1372.
- Hanlon, S.G., Hoyer, M.V., Cichra, C.E. & Canfield, D.E. (2000). *Evaluation of macrophyte control in 38 Florida lakes using triploid grass carp*. *Journal of Aquatic Plant Management* 38, 48-54.
- Jordan, M. (2003). *Grass carp: are they a safe biological control agent for nuisance aquatic vegetation?*, pp. 1-5. Cold Spring Harbor, NY: The Nature Conservancy, NY, USA.
- Nehring, S., Essl, F., Klingenstein, F., Nowack, C., Rabitsch, W., Stöhr, O., Wiesner, C. & Wolter, C. (2010). *Schwarze Liste invasiver Arten: Kriteriensystem und Schwarze Listen invasiver Fische für Deutschland und für Österreich*. In *Bundesamt für Naturschutz-Skripten*, pp. 1-185. Bonn, Germany: Federal Agency for Nature Conservation.
- NOBANIS (<http://www.nobanis.org/speciesInfo.asp?taxaID=689>).
- Pípalová, I. (2006). *A review of grass carp use for aquatic weed control and its impact on water bodies*. *Journal of Aquatic Plant Management* 44, 1-12.
- Schiphouwer, M.E., van Kessel, N., Matthews, J., Leuven, R.S.E.W., van de Koppel, S., Kranenburg, J., Haenen, O.L.M., Lenders, H.J.R., Nagelkerke, L.A.J., van der Velde, G., Crombaghs, B.H.J.M. & Zollinger, R. (2014). *Risk analysis of exotic fish species included in the Dutch Fisheries Act and their hybrids*. p. 207. Nijmegen, The Netherlands: Nederlands Expertise Centrum Exoten (NEC-E).
- Simonovic, P., Vassilev, A.T.M., Apostolou, A., Mrdak, D., Ristovska, M., Kostov, V., Nikolic, V., Skraba, D., Vilizzi, L. & Copp, G.H., (2013). *Risk assessment of non-native fishes in the Balkans Region using FISK, the invasiveness screening tool for non-native freshwater fishes [sic]*. *Mediterranean Marine Science* 14: 369-376.
- <https://www.nvwa.nl/actueel/mededelingen-uitheemse-dieren-en-planten/nieuwsbericht/2062642/reageren-op-expertpanelbeoordeling-152-invasieve-exoten-tot-1-juli-2015>;
- Verbrugge, L.N.H., de Hoop, L., Leuven, R.S.E.W., Aukema, R., Beringen, R., Creemers, R.C.M., van Duinen, G.A., Hollander, H., Scherpenisse, M., Spikmans, F., van Turnhout, C.A.M., Wijnhoven, S. & de Hullu, E. *Expertpanelbeoordeling van (potentiële) risico's en managementopties van invasieve exoten in Nederland. Inhoudelijke input voor het Nederlandse standpunt over de plaatsing van soorten op EU-verordening 1143/2014*.

IV BIJLAGE: WETTEKST GRASKARPER

Bron: http://wetten.overheid.nl/BWBR0024539/Hoofdstuk3/32/Artikel28/geldigheidsdatum_04-07-2014

Uitvoeringsregeling visserij

Geldend op 04-07-2014

Artikel 28

Het uitzetten van graskarpers is verboden in:

- beken en rivieren;
- wateren die geheel dan wel ten dele zijn gelegen in gebieden als bedoeld in artikel 10, 10a en 12 van de Natuurbeschermingswet 1998;
- wateren die geheel dan wel ten dele zijn gelegen op percelen die als natuurgebied zijn aangewezen in een bestemmingsplan als bedoeld in artikel 3.1 van de Wet ruimtelijke ordening, en
- overige wateren.

IV.I VRIJSTELLING UITZET GRASKARPERS

Artikel 62

1. In afwijking van het verbod van artikel 28, onderdeel d, is het uitzetten van graskarpers toegestaan indien:

- a. de eigenaar van het water waarin de graskarper wordt uitgezet hiermee instemt, en
- b. het uitzetten van de graskarper plaatsvindt in een water dat:
 - niet in enige open verbinding staat met andere wateren dan wel;
 - van andere wateren is gescheiden door een hekwerk, bestaande uit een spijlenhek met een onderlinge afstand tussen de spijlen van ten hoogste 3 cm of een gaashek, gegalvaniseerd en gelast met vierkante mazen van ten hoogste 2,5 cm.

2. Het hekwerk, bedoeld in het eerste lid, moet:

- a. in bodem en talud zijn ingegraven;
- b. voorzien zijn van een springflap van circa 50 cm schuin omhoog geplaatst onder een hoek van circa 45 graden in de richting van het water waarin de graskarper wordt uitgezet;
- c. met inbegrip van de in onderdeel b, bedoelde springflap bij de hoogste waterstand ten
- minste 50 cm boven water uitsteken, en
- d. aanwezig blijven en in deugdelijke staat te worden gehouden zolang de graskarper in het water dat met het hekwerk wordt afgesloten, aanwezig is.

BIJLAGE B: WETENSCHAPPELIJKE EN NEDERLANDSE NAMEN VAN ORGANISMEN

TABEL I In deze tabel staan de Nederlandse en wetenschappelijke namen van de in dit rapport genoemde organismen. De eerste keer dat ze in de tekst verschijnen wordt zowel de Nederlandse als de wetenschappelijke naam vermeld, bij de volgende vermeldingen alleen de Nederlandse naam. Volledige soortnamen worden met een hoofdletter gespeld (zoals Graskarper, *Ctenopharyngodon idella*). Algemene namen die een geslacht of familie aanduiden worden met een kleine letter gespeld (zoals lisdodde, *Typha* spp.)

Op alfabetische volgorde van Nederlandse naam		Op alfabetische volgorde van wetenschappelijke naam	
Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Aarvederkruid	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Abramis brama</i>	Brasem
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>	<i>Asellus aquaticus</i>	Gewone zoetwaterpissebed
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Azolla filiculoides</i>	Grote kroosvaren
Brasem	<i>Abramis brama</i>	<i>Cabomba caroliniana</i>	Waterwaaier
Brede waterpest	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Grof hoornblad
Cladophora	<i>Cladophora globulina</i>	<i>Ceratophyllum</i> spp.	hoornblad
dansmuggen	<i>Chironomidae</i>	<i>Chironomidae</i>	dansmuggen
eendenkroos	<i>Lemna</i> spp. / <i>Lemnaceae</i>	<i>Cladocera</i>	watervlooien
Egeria / Waterpest	<i>Egeria densa</i>	<i>Cladophora globulina</i>	Cladophora
Eurycercus-watervlo	<i>Eurycercus lamellatus</i>	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Graskarper
fonteinkruid	<i>Potamogeton</i> spp.	<i>Cyprinus carpio</i>	Karper
Gewone zoetwaterpissebed	<i>Asellus aquaticus</i>	<i>Egeria densa</i>	Egeria/Waterpest
Graskarper	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>	Waterhyacint
Grof hoornblad	<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Eleocharis acicularis</i>	Naaldgras
Grote kroosvaren	<i>Azolla filiculoides</i>	<i>Elodea canadensis</i>	Brede waterpest
Grote waternavel	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	<i>Elodea</i> spp.	waterpest
Haarbladwaterranonkel	<i>Ranunculus trichophyllum</i>	<i>Esox lucius</i>	Snoek
hoornblad	<i>Ceratophyllum</i> spp.	<i>Eurycercus lamellatus</i>	Eurycercus-watervlo
hydrilla	<i>Hydrilla</i> spp.	<i>Gammarus pulex</i>	Zoetwatervlokreeft
Karper	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Gyrinidae</i>	schrijvertjes
Krabbenscheer	<i>Stratiotes aloides</i>	<i>Hydrilla</i> spp.	hydrilla
lisdodde	<i>Typha</i> spp.	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Grote waternavel
Naaldgras	<i>Eleocharis acicularis</i>	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Zilverkarper
Ongelijkbladig vederkruid	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	<i>Lemna</i> spp. / <i>Lemnaceae</i>	eendenkroos
Parelvederkruid	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Parelvederkruid
plomp	<i>Nuphar</i> spp.	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	Ongelijkbladig vederkruid
ringwormen	<i>Oligochaeta</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Aarvederkruid
Ruisvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	<i>Myriophyllum</i> spp.	vederkruid
Schedefonteinkruid	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Nuphar</i> spp.	plomp
schrijvertjes	<i>Gyrinidae</i>	<i>Nymphaea</i> spp.	waterlelie
Snoek	<i>Esox lucius</i>	<i>Oligochaeta</i>	ringwormen
spiraalwieren	<i>Spirogyra</i> spp.	<i>Perca fluviatilis</i>	Baars
Tenger fonteinkruid	<i>Potamogeton pusillus</i>	<i>Polygonum hydropiper</i>	Waterpeper
vederkruid	<i>Myriophyllum</i> spp.	<i>Potamogeton pusillus</i>	Tenger fonteinkruid
Waterhyacint	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Potamogeton</i> spp.	fonteinkruid

LEES VERDER OP P. 50

Op alfabetische volgorde van Nederlandse naam

<i>Nederlandse naam</i>	<i>Wetenschappelijke naam</i>
waterlelie	<i>Nymphaea</i> spp.
Waterpeper	<i>Polygonum hydropiper</i>
waterpest	<i>Elodea</i> spp.
waterranonkel	<i>Ranunculus</i> spp.
watervlooien	<i>Cladocera</i>
Waterwaaier	<i>Cabomba caroliniana</i>
Zeelt	<i>Tinca tinca</i>
Zilverkarper	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>
Zoetwatervlokreeft	<i>Gammarus pulex</i>

Op alfabetische volgorde van wetenschappelijke naam

<i>Wetenschappelijke naam</i>	<i>Nederlandse naam</i>
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Schedefonteinkruid
<i>Ranunculus</i> spp.	waterranonkel
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	Haarbladwaterranonkel
<i>Rutilus rutilus</i>	Blankvoorn
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Ruisvoorn
<i>Spirogyra</i> spp.	spiraalwieren
<i>Stratiotes aloides</i>	Krabbenscheer
<i>Tinca tinca</i>	Zeelt
<i>Typha</i> spp.	lisdodde

BIJLAGE C: ZOEKOPDRACHT LITERATUUR

De Scopus (www.elsevier.com/solutions/scopus) en Ovid (www.ovid.com) literatuur-databases zijn doorzocht via de bibliotheek van Wageningen University & Research via de volgende gestandaardiseerde zoekopdracht:

```
TITLE-ABS-KEY(('grass carp' OR 'Ctenopharyngodon') AND ('diet' OR 'food' OR 'foodweb' OR
'food web' OR 'food-web' OR 'ecolog*' OR 'invasi*')) AND ( EXCLUDE(LANGUAGE,'Chinese' ) OR
EXCLUDE(LANGUAGE,'Portuguese' ) OR EX-CLUDE(LANGUAGE,'Russian' ) OR
EXCLUDE(LANGUAGE,'Persian' ) OR EXCLUDE(LANGUAGE,'Turkish' ) OR
EXCLUDE(LANGUAGE,'Polish' ) OR EXCLUDE(LANGUAGE,'Spanish' )) AND (
EXCLUDE(SUBJAREA,'MEDI' ) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'BIOC' ) OR EX-CLUDE(SUBJAREA,'CHEM'
) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'ENGI' ) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'IMMU' ) OR
EXCLUDE(SUBJAREA,'PHAR' ) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'CENG' ) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'NURS'
) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'MATE' ) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'NEUR' ) OR
EXCLUDE(SUBJAREA,'ECON' ) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'PHYS' ) OR EXCLUDE(SUBJAREA,'SOCI'
) ) AND ( EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'Metabolism' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Protein' )
OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Gene Expression' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Enzyme
Activity' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Artificial Diet' ) OR EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'Bio
accumulation' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Antioxidant' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Food Supple-mentation' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Genetics' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Water Pollutants, Che-
mical' ) OR EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'Immunology' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Muscle' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Lipid' ) OR EX-
CLUDE(EXACTKEYWORD,'Physiology' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Chemistry' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Gene Expression Regulation' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Molecular Cloning' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Tight Juncti-
on' ) OR EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'Immune Response' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Amino Acid' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Body Com-position'
) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Innate Immunity' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Messenger RNA' ) OR EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'Proteins' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Water Pollutant' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Zea Mays' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Animal Tissue' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Antioxidants' )
OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Cloning, Molecular' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Comple
mentary DNA' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Immunity' ) OR EX-
CLUDE(EXACTKEYWORD,'Immunity, Innate' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Lipids' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Liver' ) OR EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'Molecular Genetics' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Molecular Sequence Data' ) OR EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'RNA'
) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'RNA, Messenger' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Tight Junc-
tion Pro-tein' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Amino Acid Sequence' ) OR EXCLUDE(EXACTKE
YWORD,'Antioxidant Capacity' ) OR EX-CLUDE(EXACTKEYWORD,'Biochemistry' ) OR
EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'DNA, Complementary' ) OR EXCLUDE(EXACTKEYWORD,'Fatty
Acid' ))
```

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij de kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragen en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

DE GRONDBEGINSELEN VAN STOWA ZIJN VERWOORD IN ONZE MISSIE:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor en met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

