

Deel 3.

Karper: waterkwaliteit, ecosysteem en Kaderrichtlijn Water

Inhoud

1. Inleiding	3-3
2. Levensstrategie en recrutering	3-6
3. Effecten op waterkwaliteit en ecosysteem	3-10
4. Karper en de Kaderrichtlijn Water	3-24
5. Synthese en conclusies.....	3-27
6. Aanbevelingen.....	3-31
7. Literatuur	3-32



Foto: ARKIVE.

1. Inleiding

In het voorliggende deel 3 van 'Karper in Nederland' gaat de aandacht vooral uit naar de mogelijke effecten van karperbestanden op de waterkwaliteit en aquatische ecosystemen. Dit vraagstuk heeft vooral de laatste decennia aandacht gekregen in landen waar de karper de afgelopen eeuw is geïntroduceerd (Verenigde Staten, Canada, Australië). In deze landen wijzen verschillende onderzoeken op de negatieve effecten van karperintroducties op de waterkwaliteit en de kwaliteit van ecosystemen. Men spreekt in deze landen van invasieve verspreiding respectievelijk uitbreiding. Van een invasieve problematiek zoals in andere continenten wordt gemeten en ervaren, is in Nederland en West- en Midden-Europa echter geen sprake geweest (zie ook deel 1).

Ook voor de Nederlandse situatie is de relatie karper-waterkwaliteit van belang. Met de implementatie van de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn visstand- en visserijbeheer ook thema's geworden in het water- en natuurbeheer. De mogelijke effecten van vooral benthivore/bodemwoelende vis op de waterkwaliteit vragen de aandacht. Visuitzettingen, zoals van karper, zijn beheermaatregelen waarvan (toekomstig) aangetoond dient te worden dat deze niet zullen leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit en het bereiken van KRW-doelen, voor zover deze van toepassing zijn. De beoordeling van voorgenomen karperuitzettingen is daarom in hoge mate gediend met relevante wetenschappelijke informatie.

De wetenschappelijke literatuur uit bovengenoemde landen bevat onderbouwde informatie en daarmee op het eerste gezicht grond voor de visie dat de recente introductie van karper (sinds circa 1900) schadelijk is voor de ecologische integriteit en het functioneren van wetlands en ondiepe meren in de verschillende landen. Er zijn internationaal voorbeelden gedocumenteerd van systemen die na introductie of invasie van de karper van heldere, plantenrijke wateren veranderden in troebele wateren met algenbloei en een afname in biodiversiteit.

Het meeste onderzoek naar de effecten van karper heeft plaatsgevonden op het schaalniveau van enclosures, exclusures en mesocosms¹. Deze onderzoeken werpen licht op de interactie tussen karper en zijn leefomgeving en de mogelijke effecten van de karper op individuele waterkwaliteitsparameters als fosfaat, chlorofyl (fytoplankton) en troebelheid. Het voordeel van onderzoeken in dergelijke minisystemen, is het vermogen tot controle op en herhaling van experimenten, waarmee ook een hoge mate van statistische betrouwbaarheid kan worden verkregen. Navolgend komen de resultaten van een aantal van deze onderzoeken aan de orde. Vooral op basis van dergelijke onderzoeken is geconcludeerd dat de karper, afhankelijk van aantallen en/of biomassa (abundantie) ongewenste effecten kan hebben op de waterkwaliteit en ecosystemen. Binnen genoemde experimenten worden echter niet alle trofieniveaus onderzocht en blijven verschillende processen en het functioneren van natuurlijke systemen buiten beschouwing. Meer kennis daarover is van belang om beter te begrijpen op welke

¹ Benamingen voor bijvoorbeeld met gaaswerk begrensde minisystemen, als onderdeel van een natuurlijk systeem, waarbinnen omstandigheden kunnen worden gemanipuleerd. Bij exclusures wordt vis verwijderd, bij enclosures toegevoegd, waarna vervolgens de effecten worden gemeten en geanalyseerd. Mesocosms zijn kunstmatige systemen (bijvoorbeeld vijverbakken) waarin (delen) van aquatische systemen worden ingericht en processen worden onderzocht, afhankelijk van de vraagstelling.

wijze(n) karper impact kan hebben op ecosystemen. Experimenten in kunstmatig begrensde omstandigheden en daaruit verkregen meetwaarden kunnen leiden tot artefacten en misinterpretaties. Studies naar de effecten van karper op ecosysteemniveau (whole-ecosystem-level) zijn echter tot op dit moment zeer schaars. Vanuit het waterbeheer in Nederland wordt met enige regelmaat met een kritische bril naar de karper gekeken. De daaraan gekoppelde opvattingen zijn waarschijnlijk grotendeels te herleiden tot de onderzoeken naar de impact van karper in de Verenigde Staten, Canada en Australië. Voor de Nederlandse situatie is de indruk ontstaan dat in de opvattingen en meningen over de karper, feiten en fictie soms door elkaar lopen.



In delen van de Verenigde Staten, Canada en Australië, landen waar de karper aan het einde van de 19^{de} eeuw is geïntroduceerd, is door de daar heersende omstandigheden vaak sprake van invasieve verspreiding en superabundantie (foto Bajer et al., 2010).

In samenhang met de introductie van maatregelen als biomanipulatie / Actief Biologisch Beheer², gericht op het ecologisch herstel van meren en plassen in Nederland sinds 1985, is ook in ons land de aandacht sterk toegenomen voor de effecten van benthivore (en bodemwoelende) vis op de waterkwaliteit en ecologisch functioneren.

In Nederland is echter in feite nauwelijks wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd naar de relatie karper-waterkwaliteit-ecosysteem.

Het is daarom voor de praktijk van het visstand- en visserijbeheer van belang meer zicht te krijgen op factoren die een rol spelen in de relaties karper-waterkwaliteit-ecosysteem.

² Ook 'Actief visstandbeheer' wordt in het waterbeheer wel abusievelijk als term gebezigd. De term Actief visstandbeheer is niet in overeenstemming met definitie van visstandbeheer, zoals door de Unie van Waterschappen, de Combinatie van Beroepsvissers en Sportvisserij Nederland is opgesteld: Visstandbeheer omvat de planmatige voorbereiding en uitvoering van maatregelen bedoeld om een bepaalde visstand te bereiken in een omschreven watersysteem. Deze maatregelen zijn onder meer gericht op het beheer van de leefomgeving van vissen (Adviesnota visstandbeheer- waterbeheer, 2007).

Daarbij is ook van belang dat belanghebbenden in het veld van het visstand- en visserijbeheer deze kennis delen en toepassen.

Kennis over de levensstrategie van de karper biedt inzicht in de context van deze factoren en de factoren die de rekrutering bepalen. De omvang hiervan is een sleutelfactor voor de mate van impact van de karper op de waterkwaliteit en het ecosysteem. Dit geldt ook voor situaties waarbij het uitzetten van karper als beheermaatregel wordt uitgevoerd bij geen of een lage natuurlijke rekrutering. Het uitzetten van karper is ook in ons land sinds circa 1900 een beheermaatregel (zie verder deel 2, 4 en 5).

In dit deel wordt een compilatie gepresenteerd van wetenschappelijk onderzoek naar de effecten van de karper op waterkwaliteit en ecosysteem. Aandacht voor de context van de verschillende onderzoeken is hierbij van belang.

Ook wordt ingegaan op de karper als onderdeel van de KRW-systematiek (deelmaatlat vissen) en de problemen die hierbij optreden.

2. Levensstrategie en recrutering

De karper is internationaal onderwerp (geweest) van vele honderden biologische onderzoeken, die in verschillende boeken, reviews en overzichten hun weerslag hebben gevonden. Een beknopte weergave hiervan is te vinden in het Kennisdocument Karper (De Wilt & Van Emmerik, 2008).

De karper paait in Nederland, afhankelijk van de watertemperatuur, in de periode eind april–juni³. Karper heeft voor de voortplanting een voorkeur voor vegetatierijke oevers en periodiek overstromde, begroeide oeverzones (Sarig, 1966; June, 1977; Edwards & Twomey, 1982).



Een belangrijk onderdeel van de levensstrategie van de karper is het optimaliseren van de recrutering. Vegetatierijke gebieden zijn belangrijk als paai- en opgroeihabitat (foto). De historische aanwezigheid vanloedvlaktes en periodiek overstromde oeverzones, heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan de verspreiding van de karper in Europa (zie ook deel 1) (foto Bajer et al., 2010).

Ondanks het grote voortplantingsvermogen (hoge fecunditeit = hoge eiproductie) van de karper, is in ons land het aantal overlevende nakomelingen gedurende het eerste levensjaar (0+ karpers) meestal gering. Verschillende factoren zijn hiervoor aanwijsbaar:

1. Predatie larven

In het larvestadium kunnen insectenlarven, kikkers, padden, eenden, waterkevers en –wantsen voor een hoge predatie zorgen (onder andere Sarig, 1966). Karperlarven zijn zeer klein en mogelijk daardoor ook extra gevoelig,

³ De indruk –maar dit is niet verder onderzocht- bestaat dat de periode van afpaaien binnen enkele decennia is vervroegd van begin juni naar eind april–begin mei, mogelijk als resultante van de klimaatverandering.

mogelijk ook in combinatie met de relatief late paaitijd (hogere temperatuur) en de gelijktijdige hoge abundantie van actieve predatoren. Ook wind- en golfwerking zal een belangrijke factor zijn bij de natuurlijke mortaliteit van karperlarven in de oeverzones van de grotere watersystemen.

2. Predatie juvenielen

Predatie door vooral jonge snoek (*Esox lucius*) (Raaijmakers, 1988) en in mindere mate snoekbaars (*Sander lucioperca*) kan het bestand 0+ en 1+ karpers behoorlijk tot zeer sterk uitdunnen. Jonge karper (0+ karper) is vooral sterk gevoelig voor predatie door (jonge) snoek. Beide soorten hebben een voorkeur voor vegetatierijke gebieden. Jonge karper vormt geen scholen, maar foerageert individueel. Schoolvorming bij vissen heeft als biologische functie bescherming tegen predatie. Individueel foeragerende vissen, zoals de karpertjes, lopen een verhoogd risico op predatie. Uit proeven van de OVB in 0,4 ha grote vijvers bleek bijvoorbeeld dat tweehonderd uitgezette snoekjes van 4-5 cm in één zomer in staat zijn de totale productie van broed van 260 karpers te verwijderen (OVB, 1986). In de vijver waar geen snoekjes waren uitgezet werd in het najaar 75 kg karperbroed aangetroffen. Dit is een beeld dat ook in de praktijk wel bekend is. In het voorjaar wordt bij bemonsteringen van de visstand vaak veel karperbroed aangetroffen. In het najaar worden daarna nauwelijks nog jonge karpers gevangen. Ook in het najaar zelf, bij het afsterven van de vegetatie, kan door het wegvallen van beschutting de predatie significant zijn. Pas bij een lengte van ongeveer 30 cm hebben karpers niet veel meer te duchten van snoeken. Bij een goede snoekstand zullen zich dan ook geen dichte karperbestanden kunnen ontwikkelen⁴.

3. Metabolisme in de winter

Ook de winterperiode vormt voor 0+ karper een kritieke periode, vooral in relatie tot de lengte van het daaraan voorafgaande groeiseizoen. 0+ Karper blijft ook in de winterperiode (van zachte winters) relatief actief, waarbij het voedselaanbod laag is. Uitsluitend vissen die in het eerste groeiseizoen een voldoende gewicht hebben bereikt (> circa 25 gram) hebben voldoende reserves opgebouwd om de winterperiode conditioneel te doorstaan. Opgebouwde reservestoffen zijn dan nodig voor het in stand houden van het metabolisme. In de karperkweek bleek bijvoeding (met granen) van 1-zomerige karper in zachte winters, de sleutel tot een sterk verbeterde productie (interne OVB-rapporten).

Zowel de kwaliteit als de kwantiteit van het door de karper geprefereerde voedsel is optimaal in de met waterplanten begroeide arealen, waaronder de oever. Hierbij komt dat de hoeveelheid vegetatie op zich een maat is voor de voedselrijkdom van het water. Daarnaast vindt vooral jonge karper bescherming tegen predatie in de vegetatie (behalve bij aanwezigheid jonge snoek). In Lake Utah bleek jonge karper (<16 cm) vooral 's

⁴ De aanwezigheid van mogelijk wilde relictpopulaties in wateren met een hoog chloridegehalte, komt waarschijnlijk vooral door het ontbreken van snoek in deze systemen. Zie ook deel 1.

nachts actief in de vegetatiezone als de predator in het open water actief is (Devine & Shiozawa, 1984). De aanwezigheid van vegetatie verlaagt de foerageerefficiëntie van predatoren (Rozas & Odum, 1988).

Phelps et al. (2008) vonden op basis van een onderzoek naar de karperpopulatie in 18 meren een significante synchronie in rekrutering. Sterke en zwakke jaarklassen wisselen elkaar (in de tijd) af, dit patroon bleek voor alle meren hetzelfde. Dit wijst op een of meer factoren die voor een groot geografisch gebied gelden, zoals klimaatgebonden factoren (zogenaamde Moran-effect). Temperatuur, neerslag en windsnelheid bleken in de periode april-oktober in onderlinge wisselwerking de belangrijkste factoren. De rekrutering nam toe met toenemende temperaturen en neerslag en afnemende windsnelheid.

Bajer & Sorensen (2009) stellen, op basis van een integrale analyse van de invasieve problematiek van de karper in de Verenigde Staten, dat de soort niet superabundant wordt in stabiele systemen met een hoge natuurlijke soortenrijkdom en grote biodiversiteit.

De karper is een invasieve exoot in de Verenigde Staten en West-Australië, maar niet in de tropische regio's en in West- en Midden-Europa. Bij de karper is een levensstrategie geëvolueerd, waarbij 'schoksgewijs' verspreiding van de karper kan plaatsvinden via grote riviersystemen met sterk dynamische vloedvlaktes en daarmee (periodiek) instabiele milieufactoren. Klimaatomstandigheden spelen hierbij een rol. De karper zoekt als het ware sterk dynamische gebieden op voor de voortplanting, omdat daar in de tijd gezien de kans groter is dat de predatie is geminimaliseerd (zie ook deel 1).

Verschillende biologische eigenschappen ondersteunen deze strategie: de karper is een grote, robuuste zwemmer waardoor snelle migratie naar sterk dynamische en ook op afstand gelegen paai- en opgroeihabitats mogelijk is. De soort heeft een lange levensduur, een hoge vruchtbaarheid, kleverige eieren voor hechting aan vegetatie, broedzorg ontbreekt en er is sprake van een snelle ontwikkeling van ei naar larve (2-5 dagen) en de larven zijn relatief klein. Een invasieve rekrutering, die resulteert in een zeer hoge abundantie, kan uitsluitend plaatsvinden bij afwezigheid van predatoren. Zo bleek in watersystemen met geen of zeer lage aanwezigheid of rekrutering van predatoren –als gevolg van periodieke wintersterfte (ijsbedekking) of zomersterfte (opdrogen wateren in vloedvlaktes)- de karper sterk invasief. Hierbij kan superabundantie optreden, met biomassa's tot 1000 kg/ha (Bajer & Sorensen, 2009).

In deel 1 wordt ingegaan op de historie en verspreiding van de karper in Europa en Nederland gedurende het tweede millennium. Er zijn geen aanwijzingen dat hierbij sprake is geweest van invasieve uitbreiding en superabundantie. De karperrekrutering is mogelijk gereguleerd door predatoren, waaronder in de West-Europese rivieren de snoek, waarbij bijvoorbeeld ook de historische rol van de aal als kuit-eter mogelijk niet mag worden onderschat (uitgaande van historische abundanties). De Europese rivieren, met intacte vloedvlaktes, waren juist ook een belangrijk paai- en opgroeigebied voor (vooral) de snoek (en foerageergebied voor de aal). Aannemelijk is dat daardoor in de tijd sprake is geweest van een lage tot matige rekrutering van de karper. De potentie van natuurlijke rekrutering wordt wel mede ondersteund door de hoge leeftijd die de soort kan bereiken. Hierdoor wordt in de tijd de kans vergroot op succesvolle rekrutering, zelfs bij een langere reeks jaren van slechte rekrutering. De soort heeft zich in de stroomgebieden van Donau en Rijn door zijn levensstrategie succesvol kunnen verspreiden, maar zonder superabundantie.



Op basis van voorkeuren voor paai- en opgroehabitat, kan de (wilde) karper worden getypeerd als een reo-fytofiele vissoort (foto's: Bajer et al. 2010, ARKive).

3. Effecten op waterkwaliteit en ecosysteem

De eerste publicatie over de karper in relatie tot impact op het ecosysteem is van Cahn (1929). De frase 'The carp as a dominant' in de titel, illustreert een eigenschap van de karper waarnaar vooral de laatste jaren veel onderzoek is uitgevoerd. Als eerste auteur wijst hij op een verschuiving 'van helder naar troebel water' als gevolg van introductie van karper. Crivelli (1983) vermeldt dat de karper door zijn paai- en voedselgedrag waterplanten ontwortelt. Ook door opwerveling van het sediment, waardoor de helderheid van het water afneemt (Threinen & Helm, 1954), en door vraat (King & Hunt, 1967) kunnen waterplanten verdwijnen. De aantasting van de vegetatie kan tot gevolg hebben dat een gebied minder geschikt wordt voor andere organismen zoals watervogels en andere vissoorten (onder andere King & Hunt, 1967; McCrimmon, 1968).

De mogelijke impact van karper op de waterkwaliteit en het ecosysteem kan worden onderscheiden in:

- opwerveling substraat /vertroebeling (bioturbatie), door foerageren;
- ontwortelen waterplanten door foerageren;
- toevoegen (versnelde omzetting) nutriënten door excretie-producten.

De karper is primair een benthivore vis en zoekt in het bodemsubstraat voedsel, zoals muggenlarven en wormen. Volwassen karpers kunnen tijdens het voedsel zoeken met hun bek tot 10 cm diepte in een slibbige bodem doordringen (Panek, 1987). Het volume en de kracht waarmee het sediment tijdens het foerageren opgezogen wordt, is afhankelijk van de grootte van karper (Sibbing *et al.* 1986). Na selectie van het voedsel, wordt het (fijne) bodemmateriaal door de kieuwen in de waterkolom gebracht. Bij hogere dichtheden van de karper kan dit leiden tot vertroebeling (bioturbatie). Door diep in de bodem te foerageren, kan de karper ook waterplanten ontwortelen. Ook kan karper zorgen voor verhoging van nutriënten zoals fosfaat door excretie.



Karper: anatomisch – morfologisch goed toegerust om te foerageren in bodemsubstraat. Afhankelijk van substraattipe en aantallen kan hierbij opwerveling van bodemmateriaal plaatsvinden, met mogelijke effecten op de waterkwaliteit en het ecosysteem (Foto ARKive).

Onderstaand wordt in chronologische volgorde ingegaan op de meer recente, wetenschappelijke informatie over dit onderwerp⁵.

⁵ In ASFA (Aquatic Science and Fishery Abstracts, CSA is literatuur /bronnen gezocht met de trefwoorden *Cyprinus carpio* AND water quality AND vegetation. In ADLIB, het bibliotheeksysteem van Sportvisserij Nederland, is literatuur gezocht met de trefwoorden karper en waterkwaliteit.

Raat (in Dekker et al., 1986) stelt dat in Nederland karpers alleen in geïsoleerde karpervijvers in dermate hoge dichtheden kunnen voorkomen dat waterplanten volledig verdwijnen. Wel wordt hierbij aangetekend dat ook in wateren waar de snoek ontbreekt, door bijvoorbeeld hoge chloridegehalten (diepe polders in droogmakerijen) dichte karperstanden herbergen.

Breukelaar (1992) en Breukelaar *et al.* (1994) onderzochten in proefvijvers te Beesd (1 meter diep, met kleibodem) het effect van bodemwoelende vis op de waterkwaliteit (parameters: P, N, chlorofyl, doorzicht). Voorafgaand aan de proef werden waterplanten verwijderd. In de proeven werden twee lengteklassen brasem en karpers met een lengte van 40-50 cm uitgezet in dichtheden van 50 -500 kg/ha. Bij een visbezetting van 100 kg/ha brasem bleef het doorzicht groter dan 2 meter, bij 500 kg/ha bedroeg het doorzicht als gevolg van opwerveling (bioturbatie) minder dan 0,5 m. Een bestand van 100 kg/ha karper bleek 4,5 mg/l zwevende stof in suspensie te houden. Karper bracht 50% minder bodemdeeltjes in suspensie dan brasem, waardoor het effect van karper -in vergelijking met de brasem- als lager werd beoordeeld. Gemiddeld over een groeiseizoen nam per 100 kg/ha brasem chlorofyl toe met 6,9 µg/l, totaal-P met circa 0,02 mg/l (16,2 µg/l) en totaal-N met 0,13 mg/l. Totaal-P vertoonde een positieve correlatie met de visbiomassa (brasem) en bedroeg 0,04 (zonder vis) -0,18 bij 500 kg/ha. Het grotere effect van brasem in vergelijking met karper was niet verwacht. Het verschil kan mogelijk worden verklaard doordat de karper ook andere (niet-benthivore) voedselbronnen benut. Hierdoor wordt minder bodemmateriaal opgewerveld.

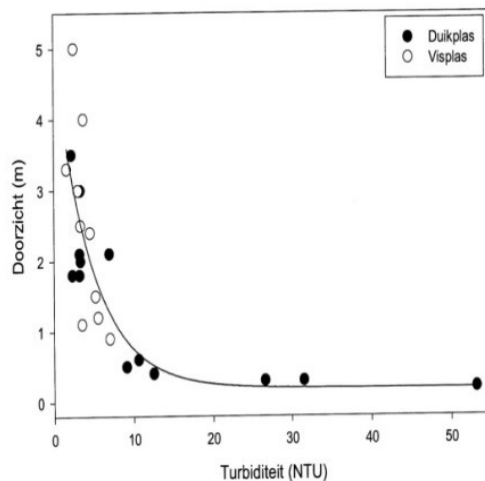
De uitkomsten, afgeleid voor karper, per 100 kg/ha karper:

- bij 17° C wordt 4,5 mg/l zwevende stof (in dit geval kleideeltjes) in suspensie gehouden
- afname doorzicht: $0,22 \text{ m}^{-1}$ reciproke Secchidiepte (afname doorzicht: 22 cm/100 cm diepte)
- extinctieverhoging $0,20 \text{ m}^{-1}$.

Het effect van windwerking (voor doorvertaling naar praktijk) is in deze proeven niet onderzocht, maar wordt wel aanbevolen.

De effecten van karper op de vegetatie en de waterkwaliteit in proefvijvers zijn ook door Roberts *et al.* (1995) onderzocht. Hierbij werden dichtheden boven en onder de 450 kg/ha toegepast, waarbij een biomassa van 450 kg/ha werd gezien als een kritische biomassa waarboven een negatieve impact werd verondersteld. Bij een biomassa karper boven 450 kg/ha nam de troebelheid na enkele dagen toe van 7 NTU tot 73 NTU⁶. Twee plantensoorten (*Chara* en *Vallisneria*) waren na zes dagen volledig verdwenen. Het verdwijnen van de planten werd veroorzaakt door ontworteling. De watertemperatuur nam significant toe door het verdwijnen van de door de vegetatie veroorzaakte schaduwwerking. Uit deze proeven volgde geen significante toename van nutriënten en biomassa van algen bij de toegepaste karperdichtheden.

⁶ NTU = Nephelometric Turbidity Units, maat voor turbiditeit, troebelheid. Zaal (2003) beschrijft een exponentieel verband tussen zichtdiepte/doorzicht en turbiditeit in NTU: $S_d(m) = S_d(0) + a \cdot e^{(-b \cdot NTU)}$, waarbij $S_d(m)$ = doorzicht Secchi in meters, $S_d(0)=0,19$, $a=4,7894$ $b=0,22$ NTU=turbiditeit. Zaal onderscheidt verder een algen- en kleiturbiditeit.



Relatie tussen turbiditeit (troebelheid) in NTU en doorzicht, zie ook voetnoot 6 (Zaal, 2003). Hiermee kan relatief eenvoudig het verband tussen doorzicht en troebelheid in NTU worden gevonden.

Relatief veel onderzoek is uitgevoerd in de Verenigde Staten, Canada en Australië. In deze landen wordt de karper beschouwd als een invasieve exoot, met een sterk negatieve impact op de waterkwaliteit en aquatische ecosystemen, in het bijzonder in de zogenoemde wetlands.

Zo voerden Lougheed *et al.* (1998) onderzoek uit in wetlands van de Great Lakes, waarbij de effecten van karper op de waterkwaliteit, plankton en waterplanten met behulp van exclusies en enclosures werden bestudeerd. In een wetland installeerden de onderzoekers 12 enclosures van 50 m², waarin karpers werden uitgezet in biomassa's (omgerekend) van 23 – 2100 kg/ha. De troebelheid, totaal-P, en totaal-NH₄⁺ namen (in eerste instantie) toe met de karperbiomassa.

Foerageeractiviteiten van karper zorgden voor resuspensie van bodemmateriaal. De concentraties P en N in de waterkolom nemen toe met biomassa karper, primair door resuspensie en toegenomen excretie. Maar ook in enclosures zonder of met slechts enkele kleine karpers kwamen nog (verrassend) hoge niveaus van nutriënten en troebelheid voor. Lougheed *et al.* suggereren hierbij dat bij het (grotendeels) afwezig zijn van karper, de biomassa benthische invertebraten toeneemt en als gevolg daarvan ook de bioturbatie.

Karper bleek geen direct maar een indirect effect op de zoöplanktongemeenschap te hebben, waarbij de biomassa zoöplankton lager werd bij hogere biomassa's karper. Uit het onderzoek werd een relatie afgeleid tussen het aantal aanwezige soorten waterplanten en troebelheid, met een drempel bij een waarde van 20 NTU voor de troebelheid. Boven deze waarde kwamen maximaal vijf soorten waterplanten voor, daaronder meer. Er bleek geen lineair verband te vinden tussen de biomassa karper en totaal-P. Totaal-P daalde zelfs van 150 µg/l zonder vis naar 130 µg/l bij een biomassa van 1000 kg/ha. Het verwijderen van alle karper (exclusies) leidde niet tot een troebelheid onder de 20 NTU. Wateren zonder karper bleken nog een NTU van 45 te kunnen hebben. Het verwijderen van alle karper uit de enclosures leidde tot een vermindering van de troebelheid met 25-45% ten opzichte van de situatie met karper.

Voor de onderzochte wetlands bleek dat in watersystemen zonder karper er altijd sprake was van dominantie van macrofyten; het omgekeerde ging echter niet op. Er waren ook wateren met dominantie van macrofyten, waarin wel een karperbestand aanwezig was. Lougheed *et al.* concluderen dat ook bij verwijdering van alle karper meer maatregelen nodig zijn om de troebelheid tot onder 20 NTU te krijgen, als drempelwaarde voor de groei van waterplanten.

Ook de invloed van wind (resuspensie) en substraatkenmerken zijn belangrijke factoren die de aan/afwezigheid van vegetatie mede bepalen. In deze experimenten bleek de karper een medebepalende maar niet allesbepalende factor met betrekking tot zichtdiepte en vegetatie.

Lougheed *et al.* beschouwen hun resultaten ook in het licht van de complexe interacties tussen sediment, waterkolom en P. Resuspensie en bioturbatie kunnen hierbij een rol spelen. Maar ook sedimenteigenschappen en bestanddelen als ijzer, aluminium, organische stoffen en totaal-P-concentratie zijn van belang. P kan bijvoorbeeld gemakkelijk worden geadsorbeerd door bodemdeeltjes, waarbij fosfaatrijke anorganische complexen ontstaan. Kleideeltjes kunnen complexen vormen met P, waardoor P niet in oplossing gaat en niet beschikbaar komt voor bijvoorbeeld de groei van fytoplankton⁷. In dit onderzoek kan resuspensie van sediment door de grote karpers ook de oppervlakte voor P-adsorptie hebben vergroot, met als gevolg een complexe P-dynamiek (stijging totaal-P en daling SRP (soluble reactive phosphorus = reactief oplosbaar fosfor). Sidorkewicj *et al.* (1998) onderzochten de effecten van karperuitzettingen op de vegetatie in een aantal ondiepe irrigatiekanalen in Argentinië (breedte 3-4 meter, diepte 0,3-0,8 m). In experiment 1 werden in de zomerperiode 1000, respectievelijk 2000 stuks K1/hectare (gewicht 20 g/stuk) (K1 = karper met 1 groeiseizoen) uitgezet na mechanische verwijdering van waterplanten. In experiment 2 werden 500 en 1000 stuks K2 (gewicht 260 g/stuk) per hectare uitgezet. In deze kanalen was niet vooraf de vegetatie verwijderd. De biomassa van karper nam in drie maanden toe van 20 naar 165 kg/ha, respectievelijk 201 (experiment 1). In experiment 2 nam de biomassa toe van 165 naar 342 kg/ha, respectievelijk 535 kg/ha⁸. In beide experimenten onderdrukten de karpers de groei van ondergedoken waterplanten (*Chara*, *Ruppia*) in vergelijkingen met controle-trajecten. In experiment 1 (K1-uitzetting) was na drie maanden de biomassa van de waterplanten afgenomen met 40-86%. De grotere karper in experiment 2, had na 4 maanden alle vegetatie verwijderd. De troebelheid nam met een factor 10 toe. Naast opwoeling en ontwortelen, werd ook herbivorie waargenomen.

⁷ Zie onder andere Jaarsma *et al.* (2008) *Van helder naar troebel en weer terug* voor een beknopte beschrijving.

⁸ De resultaten weerspiegelen de in potentie grote impact van hoogproductieve vissen, waarbij de biomassa bij hoge aantallen uitgezette (kleine) vissen bijvoorbeeld met een factor acht toeneemt in één groeiseizoen. De in Nederland in de praktijk wel gehanteerde of gesuggereerde limiet van 30 kg karper/ha eindbezetting –als veronderstelde ‘veilige’ ecologische grens– is deels gebaseerd op dit onderzoek. Abusievelijk wordt daarbij uitgegaan van de uitzettingsbiomassa als norm, terwijl de eindbiomassa, in dit geval ook van hoog productieve dieren, een factor acht hoger ligt. De effecten op de waterplanten in dit onderzoek dienen dan ook niet te worden gerelateerd aan de biomassa van uitzetting maar aan de grote toename van biomassa gedurende het groeiseizoen, in combinatie met het grote aantal individuen.

Parkos *et al.* (2003) voerden onderzoek uit in zogenoemde mesocosms om de effecten van karper, zonder de aanwezigheid van andere vis, op een aantal variabelen te bestuderen. Karper werd in de enclosures uitgezet met biomassa's van 416 kg/ha respectievelijk 174 kg/ha. Karper had een effect, zowel in de hoge als de lagere biomassa, op vergroting van de troebelheid en de verhoging van de concentratie nutriënten. Bij beide biomassa's nam de hoeveelheid waterplanten af. De impact op het fytoplankton was positief of negatief, afhankelijk van de abundantie van het zoöplankton. De impact van de karperbiomassa was voor alle parameters groter bij de hogere dan de lagere dichtheid. In een vergelijking met de effecten van een inheemse, benthivore vis (channel catfish, kanaalmeerval), concluderen Parkos *et al.* dat de relatieve impact van de karper groter is.

Egertson & Downing (2004) voerden een onderzoek uit in 32 hypertrofe meren (als gevolg van hun ligging in landbouwgebieden). Zij vonden een positieve correlatie tussen de biomassa van karper (en andere benthivore vis), uitgedrukt in fuikvangsten (CPUE, gewicht) en trofieniveau, uitgedrukt in chlorofyl a.

De karperproductie (uitgedrukt in CPUE) bleek het hoogst in grote, ondiepe meren met een hoge geleidbaarheid. CPUE van benthivore vis was het hoogst in ondiepe, grote meren met een hoog gehalte chlorophyl a.

In de range van 10 -100 µg/l chlorofyl neemt het gewichtsaandeel benthivoren, vooral karper, met 80% toe; tegelijkertijd daalt het aandeel piscivore vissen met 50%. Waar sprake was van hoge visbiomassa's, nam de karper een dominante positie in. De onderzoekers concluderen dat de soort niet alleen profiteert van de hogere benthivore voedselproductie, maar in hypertrofe omstandigheden blijktbaar ook effectief concurreert met andere vissoorten.

Barthelmes & Braemick (2003) voerden onderzoek uit naar de effecten van een abusievelijke uitzet van karper in de Heiliger See in Duitsland (oppervlak 10,2 ha, diepte gemiddeld 6,5 m met thermocline op 4-5 m). Het aantal uitgezette karpers was onbekend, het stuksgewicht bij uitzetting was 200 gram. Bij een bestandsopname een jaar later werd het bestand geschat op 132 stuks/ha. Omgerekend naar voor het foerageren en productie beschikbare bodemareaal, bedroeg de geschatte bezetting 482 stuks/ha (door zuurstofloosheid was een deel van de bodem niet beschikbaar). Door de uitzettingen, waaronder ook aal, ontstond een afname van beschikbaar voedsel voor de autochtone visstand, waaronder blankvoorn. De biomassa van zoöplankton en benthische invertebraten werd zeer laag gedurende een periode van circa 20 jaar. Het bleek echter niet mogelijk een significant negatief effect op de oorspronkelijke visfauna (16 soorten) aan te tonen. De groeisnelheid van karper was zeer laag. De zeldzame vissoorten, alle oevergebonden, bleken in staat tot stabiele rekrutering. De onderzoekers concludeerden dat de visfauna van dergelijke cyprinide-gedomineerde wateren tamelijk robuust blijkt te zijn. De regulerende capaciteit van visgemeenschappen van eutrofe wateren, lijkt daarmee in sommige praktijksituaties (in potentie) ook negatieve effecten van uitzettingen te kunnen minimaliseren.

Driver *et al.* (2005) voerden experimenten uit waarbij gebruik werd gemaakt van (combinaties van) grote en kleine karper (2 kg respectievelijk 0,7 kg) in biomassa 's van 330, 570 en 650 kg/ha. Het formaat (lengte, gewicht) van de vis bleek van meer invloed

© Sportvisserij Nederland 2014

dan de biomassa op totaal-P en biomassa van het fytoplankton. In hun analyse beargumenteren Driver *et al.* dat er een verschuiving is van effecten, waarbij kleine karper vooral bijdraagt aan de verhoging van de P-belasting door excretie en de grotere karper vooral invloed heeft op de P-concentratie door omwoeling en daarmee het suspenderen van het sediment. Samenvattend stellen Driver *et al.* (2005) dat lengte en gewicht van de individuele vissen van invloed zijn op de verschillende effecten.

Ook Chumchal *et al.* (2005) voerden in vijvers onderzoek uit naar de relatie tussen de biomassa karper en een aantal parameters voor de waterkwaliteit (chlorofyl a, P, N, zoöplankton en vegetatie). De uitgezette biomassa's van karper bedroegen 0-100 kg/ha. De vijvers hadden een kleibodem en werden aangestuwd met eutroof water uit een nabijgelegen reservoir. In de vijvers waren 3-9 soorten waterplanten aanwezig. Bij afwisseling een jaar later lagen de biomassa's van karper tussen 0-465 kg/ha. Chlorofyl, totaal-P en totaal-N namen toe met de biomassa van karper, evenals de troebelheid. In algemeen was er geen/weinig effect van de karperbiomassa op de dichtheid van het zoöplankton: de abundantie van Cladoceren en Copepoden was niet significant gerelateerd aan de karperbiomassa. In de proeven werd de totale biomassa van macrofyten niet significant beïnvloed door de karperbiomassa (maar de dataset was zeer beperkt). Slechts van een soort (*Najas sp.*; = nimfkruid) nam de biomassa significant af bij een toename van de biomassa karper.



(Foto: ARKive).

Tabel 1.1 Overzicht onderzoeken naar de effecten van karper op chlorofyl a (Chl.) totaal-P, totaal-N, turbiditeit en macrofyten. Een deel van deze onderzoeken is hiervoor ook beschreven Chumchal *et al.*, 2005.

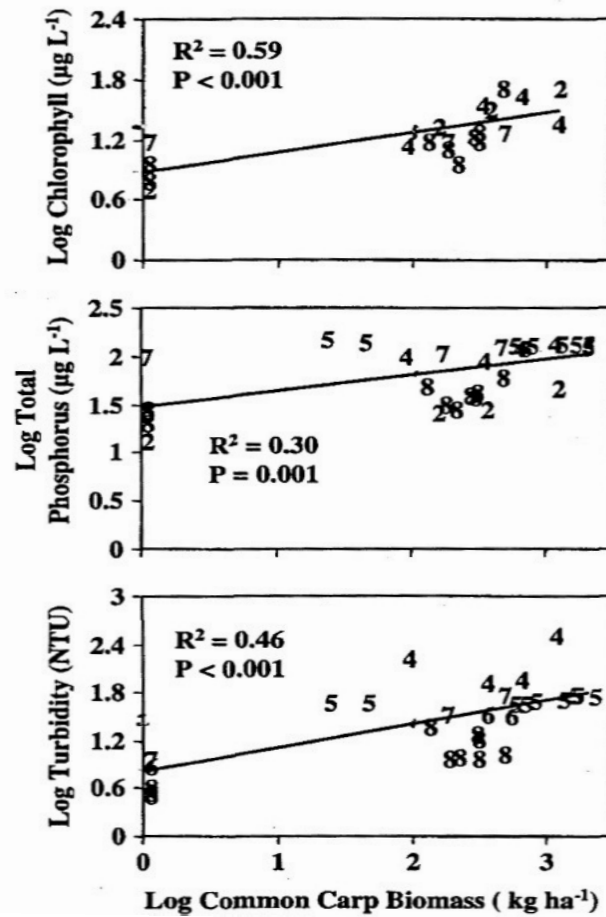
Studie	experiment	Lengte K (cm)	Chl	T-P	T-N	Turb.	Macr.
Robel, 1961	Enclosures		NR	NR	NR	0	-
Lamara, 1975	Enclosures		+	+	NR	NR	NR
Crivelli, 1983	Enclosures		NR	NR	NR	0	-
King <i>et al.</i> 1975	Streng (rivier)	31-70	+	+	NR	+	NR
Lougheed <i>et al.</i> 1998	Enclosures	9,7 - 51,3	0	+	NR	+	NR
Sidorkewicj <i>et al.</i> 1998	Enclosures	39	NR	NR	NR	+	-
Parkos III <i>et al.</i> , 2003	Enclosures		+	+	NR	+	-
Chumchal <i>et al.</i> 2005	vijvers	>30	+	+	+	0	0

Legenda: NR = niet onderzocht, + = toename; - = afname; 0=geen effect.

Op basis van de data uit de in t0 vermelde onderzoeken, zijn door Chumchal *et al.* (2005) data geaggregeerd om de relaties tussen de karper en een aantal parameters te beschrijven. Deze zijn weergegeven in figuur 1.2. De waarden zijn log-log getransformeerd.



Karper en waterplanten: complexe relaties... (foto's ARKive).



Figuur 1.2 Log-log relaties tussen karperbiomassa en troebelheid, fosfaat en chlorofyl (Chumchal et al., 2005)

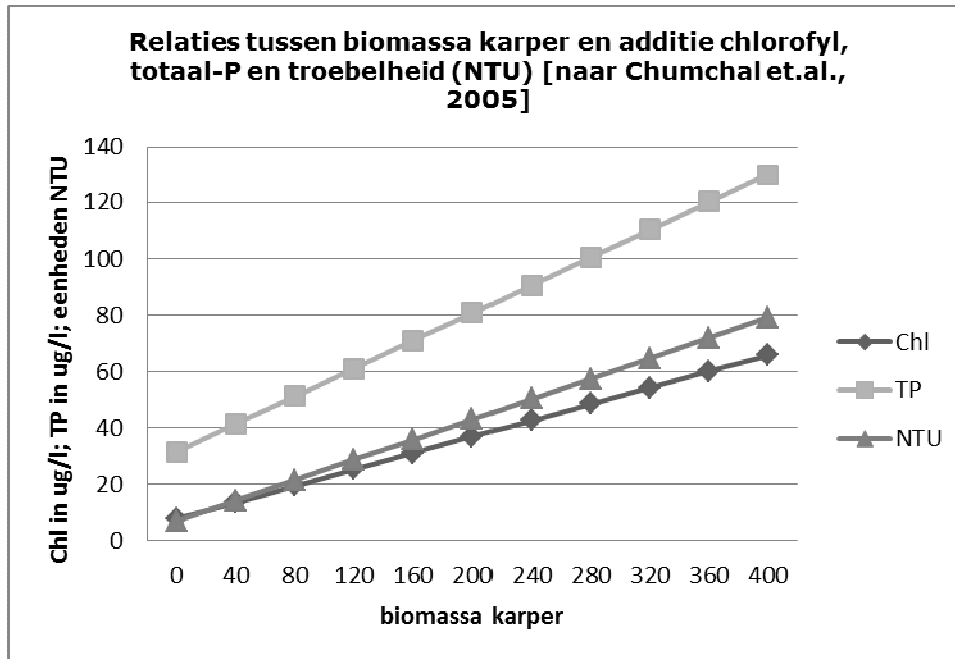
De volgende vergelijkingen zijn hiervan (met geschatte x, y) afgeleid:

Chlorofyl (y) - biomassa karper (x) $y = 0,145x + 7,9$

Totaal-P (y) - biomassa karper (x) $y = 0,246x + 31,6$

NTU (y) - biomassa karper (x) $y = 0,18x + 7,1$

De volgende grafiek geeft op basis van deze vergelijkingen de waarden weer voor addities van Totaal-P, chlorofyl en turbiditeit, voor een range van biomassa's van 0-400 kg/ha.



Figuur 1.3 Relaties tussen aanwezige biomassa karper en additie van chlorofyl, totaal-P en troebelheid (NTU) op basis van data en afleidingen Chumchal et al., 2005. Zie vergelijkingen op pagina 3-17.

Badiou (2006) voerde onderzoek uit in 5-7 ha grote experimentele wetlands en enclosures (5 x 5 m). Karper verhoogde significant de troebelheid en concentratie van gesuspendeerde stoffen, chlorofyl a en verminderde de biomassa van macrofyten. Een verschuiving naar fytoplankton dominantie (algenbloei) werd in de wetlands echter niet waargenomen. Bij hoge dichtheden karper nam de biomassa fytoplankton af. De hypothese dat vergroting van de karperbiomassa, een verhoging van de nutriëntbelasting en algenbloei tot gevolg had, werd niet bevestigd. Mogelijk was de hoeveelheid licht te beperkt als gevolg van de verminderd doorzicht door opwerveling en resuspensie. Mogelijk verhinderde ook de grote biomassa waterplanten in de wetlands de verschuiving naar algendominantie. Er bleek een positieve correlatie met de zoöplanktonproductie en een negatieve met de biomassa benthische invertebraten. Bij een biomassa van 400 kg/ha bleek het aandeel nutriëntentoevoer door karper 66% te bedragen van de totale interne belasting van het systeem zonder karper. Bij een ander onderzoek in Lake Manitoba, bleek het effect van de interne belasting van een biomassa van 200 kg/ha karper, even groot als de gecombineerde externe belasting van de op het meer aanvoerende wateren. Na vervolgonderzoek (Badiou & Goldsborough, 2010) concluderen zij dat de effecten van karper sterk lijken op de effecten van de antropogene eutrofiëring. Met een toename van de biomassa karper nemen nutriënten toe, evenals gesuspendeerde stoffen en chlorofyl a. Het gemiddelde zuurstofgehalte en de hoeveelheid ondergedoken waterplanten nemen af.

Heuts (2007) voerde een literatuurstudie uit naar de relatie karper en waterkwaliteit. Hij concludeert hieruit dat de karper een grote invloed kan uitoefenen op zijn omgeving en dat het aquatisch systeem op verschillende trofische niveaus nadelig kan worden beïnvloed. Het effect dat de karper kan hebben is sterk afhankelijk van de lokale situatie. Uit de literatuur wordt volgens Heuts niet helemaal duidelijk hoeveel karper er kan worden uitgezet, zonder dat dit impact heeft op de omgeving. Hij noemt begrenzings (eindbiomassa's) van 30 kg/ha, en refereert daarbij aan Scheffer (1998) en Breukelaar (1992) enerzijds en 100-250 kg/ha (Barthelmes & Braemick, 2003; Smith 1999) anderzijds. Heuts concludeert ook dat veel van het door hem gerefereerde materiaal niet (direct) is te vertalen naar de Nederlandse situatie. Ook nuanceert hij naar de Nederlandse situatie het negatieve beeld dat de karper op basis van de literatuurstudie oproept. Ten aanzien van het beheer van karperstanden respectievelijk nut en noodzaak van uitzettingen, vraagt hij aandacht voor onderzoek naar de omvang van de karperstand vooraf en monitoring van het bestand na uitzetting. Tot slot propageert Heuts een planmatige aanpak van het karperbeheer door visrechthebbers.

Matsuzaki *et al.* (2007) voerden experimenten uit met kleine karper in enclosures. De karper bleek van invloed op de waterkwaliteit, de nutriëntdynamiek en zorgde voor een afname van macrofyten. Excretie door de karper was in dit onderzoek de belangrijkste factor voor de gesignaleerde veranderingen, versterkt door bioturbatie. Excretie en bioturbatie zorgden voor een vermindering van de zichtdiepte, de hoeveelheid lichtinval en daarmee een negatief effect op de vegetatie. De abundantie van zoöplankton, vooral Rotifera, nam in het experiment toe. De hoeveelheid benthische macro-invertebraten nam af, waarschijnlijk als gevolg van de afname van waterplanten, niet of minder als direct gevolg van predatie. De karpertjes bleken in de experimenten een omslag van helder, plantenrijk water naar troebel, algenrijk water te induceren.

Özbay (2008) voerde experimenten uit in enclosures in een ondiep Turks 'sodameer'. Gewerkt werd met hoge biomassa's tot 1000 kg/ha. Karper veroorzaakte bij de toegepaste biomassa's een significante toename van de troebelheid, chlorofyl a en een afname van de bedekking met macrofyten. Op de concentratie totaal-P, totaal-N en NH_4^+ was in deze studie geen effect waarneembaar.

Het onderzoek van Jackson *et al.* (2010) vertoont veel overeenkomsten met dat van Egertson & Downing. Jackson *et al.* voerden onderzoek uit in 129 (recreatie)wateren in Iowa. De wateren behoorden tot verschillende typen, van natuurlijke meren tot kunstmatige wateren, ontstaan door grindwinning. Hoge biomassa's karper gingen samen met een slechte (ongewenste) waterkwaliteit en het minder voorkomen van belangrijke andere vissoorten, vooral zichtjagers.

De in Iowa onderzochte systemen met karper zijn of helder of troebel, intermediaire vormen lijken niet voor te komen. De auteurs bepalen deze drempel bij een dichtheid die overeenkomt met de vangst van 2 kg karper per fuiknacht. Gerelateerde biomassa's in kg/ha worden door de auteurs echter niet gegeven.

De onderzoekers concluderen dat de switch van helder naar troebel in de tijd gezien snel verloopt en de mogelijke impact van karper waarschijnlijk het grootst is in ondiepe systemen.

Jackson *et al.* gaan in hun discussie ook in op de onder andere door Zambrano & Hinojosa (1999) gedane suggesties, gebaseerd op experimenteel onderzoek, dat de effecten van karper op de waterkwaliteit en watersystemen niet lineair verlopen. Er lijkt sprake van 'ecologische drempels' (smalle ranges of niveaus), waarin een kleine of plotselinge verandering in een eigenschap of proces, kan resulteren in grote veranderingen op ecosysteemniveau. Mogelijk speelt dit ook bij karper: tot een bepaalde biomassa is er geen of nauwelijks effect, bij de (eerste) drempel is er een sprongsgewijs effect. Vervolgens zijn er bij toenemende biomassa geen volgende effecten, totdat voor de betreffende parameter de volgende drempel(waarde) wordt bereikt.

Een dergelijk meer schoksgewijze dynamiek vertoont parallellen met opvattingen over 'alternatieve stabiele toestanden' en het daaraan verbonden verschijnsel van 'hysterese' (naar Scheffer, 1988). Dit wordt gedefinieerd als het verschijnsel waarbij het verband tussen oorzaak en gevolg niet alleen afhangt van de grootte van de oorzaak maar ook van de richting waarin de oorzaak verandert (Wikipedia). Een werking blijft (vooralsnog) uit of achterwege ten opzichte van een andere werking waarmee deze causaal is verbonden, bij een verdere toename van de werking (prikkel) kan alsnog een omslag plaatsvinden.



Ontworteling van waterplanten door karper: in natuurlijke wateren een probleem bij hoge dichtheden karper, in kunstmatige wateren met massale plantengroei een mogelijke beheermaatregel als alternatief voor mechanische onderhoud (foto Bajer et al., 2009).

Lengte/gewicht en aantallen zijn belangrijke factoren bij de complexe interacties tussen karper en waterkwaliteit (foto Bajer et al., 2009).



Bajer *et al.* (2009) volgden de impact van een in biomassa toenemende karperpopulatie, na een herstelproject in een ondiep meer (wetland; Verenigde Staten). Er werd ook gekeken naar de effecten op de ontwikkelingen in de vegetatie en het voorkomen van watervogels. Tot vijf jaar na het herstel bleef de karperbiomassa < 30 kg/ha⁹. Bij deze biomassa was het meer voor > 90% bedekt met vegetatie en grote aantallen vogels. Door een sterke rekrutering steeg de biomassa in het zesde jaar naar 100 kg/ha¹⁰. Dit leidde tot een reductie in bedekking met waterplanten met circa 50% en een afname van vogels. Bij een verdere stijging van de karperbiomassa tot 250 kg/ha bedroeg de bedekking 17% en volgde een reductie van het aantal watervogels tot 10%. Bajer *et al.* concluderen dat karperbestanden met een biomassa > 100 kg/ha aanzienlijke schade kunnen toebrengen aan de ecologische integriteit van ondiepe meren/wetlands. Bajer *et al.* (2009) indiceren een biomassa van 100 kg/ha als kritische biomassa voor een mogelijke omslag (drempelwaarde), met onder 100 kg/ha karper geen of nauwelijks effect op ecosysteem (zoals vogels en waterplanten).



Ontwikkeling van draadalg in een wetland (Manitoba, Canada). In dit geïsoleerde systeem werd geen karper aangetroffen (foto: Hertam, 2010).

Weber & Brown (2009) stelden een review op over de effecten van de karper op ecosystemen. Zij wijzen op de invloed die de karper zowel top-down als bottom-up kan hebben op processen in het aquatisch systeem. Er is top-down sprake van directe predatie (plankton, bodemvoedsel). De karper wervelt (bottom-up) bodemmateriaal op en brengt daarmee zowel bodemmateriaal als nutriënten in de waterkolom. Waterplanten kunnen worden ontworteld en/of slib zet zich af op de planten, waardoor bijvoorbeeld het

⁹ Ook dit onderzoek wordt wel aangehaald als onderbouwing van een 30 kg/ha eindbezetting als maximale norm (zie ook voetnoot 8). Hierbij wordt opgemerkt dat de omslag van het systeem plaatsvond door een sterke rekrutering, resulterend in hoge aantallen hoog-productieve dieren (K1, K2). Een groot deel van de 100 kg/ha biomassa bestond uit deze vissen. Deze situatie is echter niet vergelijkbaar met bijvoorbeeld een biomassa van 100 kg/ha die bestaat uit laag productieve, grote karpers (zonder rekrutering).

¹⁰ Door deze rekrutering nam het bestand K1 met circa 140 karpers/ha toe, respectievelijk een toename met 80 kg/ha hoog-productieve dieren (K1 → K2) in een groeiseizoen.

proces van fotosynthese wordt beïnvloed. De zichtdiepte neemt af, het aandeel algen toe. De impact op zoöplankton is divers, maar overwegend indirect, waarbij de graasefficiëntie van het zoöplankton op het fytoplankton afneemt bij afnemende zichtdiepte. Herstelprojecten in wetlands waarbij karper werd verwijderd, kennen echter gevarieerde uitkomsten. Een aanbeveling van deze onderzoekers is om het beheer van karper in relatie tot het herstel van de waterkwaliteit en systemen integraal te beschouwen (ecosysteembenadering) met de noodzakelijke reductie van door de mens veroorzaakte pressoren (zoals input nutriënten) en herstel van habitats en biota als belangrijke pijlers.

Hertam (2010) en Parks (2006) voerden delen uit van een langjarig onderzoek naar de impact van karper in Delta Marsh (Canada), een wetlandstelsel met 10 plassen/meren tot een oppervlakte van 20 hectare per meer. De onderzoeken wezen uit dat de karper gedeeltelijk verantwoordelijk is voor de omslag naar en de instandhouding van een fytoplankton gedomineerd, troebel systeem. Deelsystemen zijn in het bijzonder gevoelig voor aggregaties van karper in het voorjaar, met hoge dichtheden in de paaigebieden. Het verwijderen van de karper leidde tot herstel van helder, maar niet altijd plantenrijk water. In karperloze systemen ontwikkelde zich ook draagalgal¹¹. Hertam concludeert dat de voorspelbaarheid van veranderingen en maatregelen niet zo groot is als kleinschaligere onderzoeken wel suggereren. De complexiteit van natuurlijke ecosystemen is waarschijnlijk verantwoordelijk voor deze discrepantie. Waterkwaliteit, nutriëntenflux, vegetatie en algengroei fluctueren in tijd en ruimte bleek zowel in met karper bezette als karperloze systemen. Verschillende andere factoren en top-down processen spelen naast de karper een rol zoals zoöplanktodynamiek, en vormen een verklaring voor de grote variatie in waarnemingen.

Weber & Brown (2011) onderzochten de visstand in 81 meren in Zuid-Dakota en de mogelijke relatie tussen de aanwezige karperstand en de opbouw en samenstelling (abundantie) van de visgemeenschap en een aantal fysisch-chemische variabelen. Tussen de meren liet de karper een grote variatie zien in kenmerken als abundantie, groei, conditie en leeftijdsopbouw.

Als een van de resultaten kwam naar voren dat er voor een groot aantal vissoorten een verband is tussen de relatieve abundanties: hoe hoger de karperabundantie, hoe lager het bestand van andere soorten, waaronder de snoek. De dichtste karperstand werd aangetroffen in grote wateren met veel nutriënten, opgeloste stoffen, algenbloei (chlorofyl) en een geringe zichtdiepte. De lengte-opbouw en conditie van de karper werden negatief beïnvloed door hogere abundanties van karper. Ook wezen de resultaten op een verband tussen waterdiepte en abundantie (dieper water met relatief meer kleinere exemplaren). Het effect van hogere biomassa's karper op de waterkwaliteit lijkt ook te worden versterkt door de daarbij optredende competitie om voedsel. Competitie 'dwingt' de individuen tot intensivering van het zoeken van voedsel. De kans op opwerveling van bodemmateriaal neemt daarmee toe.

¹¹ Ook in bijvoorbeeld het Belgische Coupure Deweer werd bij een reductie van het karperbestand van meer dan circa 200 kg/ha (grote, laagproductieve karper) naar circa 30 kg/ha, massale ontwikkeling van draadalg waargenomen (memo F. Vercruyssen, via J. Weitjens).



Hoge abundanties van karper kunnen de waterkwaliteit op verschillende manieren beïnvloeden, onder andere door opwerveling van bodemmateriaal (foto ARKive).

4. Karper en de Kaderrichtlijn Water

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is in december 2000 in werking getreden en heeft als doel de bescherming van grond- en oppervlaktewater en de verbetering van de kwaliteit ervan. Doelstellingen in de KRW hebben onder meer betrekking op biologische kwaliteitselementen, waarvan vis er één is. Met betrekking tot vis worden eisen gesteld aan de soortensamenstelling van de visstand, de mate van voorkomen (abundantie) en afhankelijk van het watertype, de leeftijdsopbouw van enkele soorten (Molen van der & Pot, 2007).

Bij het afleiden van doelstellingen en 'default' maatlatten zijn, evenals bij de natuurlijke wateren, visgemeenschappen gekozen als indicatoren voor de gewenste toestand van het water.

Voor de kunstmatige wateren is door Pot (2005) een pragmatische insteek gevolgd bij het vaststellen van de referentievisstand. Er is uitgegaan van de visstand van stilstaande wateren. Gebruikte, sturende factoren voor de vis zijn daarbij vooral de dimensies van het water (breedte en diepte) en de aanwezigheid van oever- en ondergedoken waterplanten.

Voor de totstandkoming van de maatlatten voor vis voor kanalen¹² is door Pot (2005) een eigen dataset gebruikt van Witteveen+Bos. Middels analyse via boxplots concludeert Pot (2005) dat de indicatoren 'aandeel plantminnende vis' en 'aandeel zuurstoftoleranten' beide een duidelijke relatie hebben met de totale kwaliteit van het water, die zowel geldt voor de oever (beschoeiing en emergente vegetatie) als open water (helderheid en submerse planten). Deze indicatoren wordt daarom door Pot (2005) goed bruikbaar geacht voor de beoordeling.

Pot (2005) stelt dat ook het 'aandeel Brasem+Karper' en het 'aandeel Brasem' een duidelijke relatie vertoont met de kwaliteit van het open water in termen van helderheid (zichtdiepte).

De relatie is het duidelijkst (meest evenredige stijging) in het geval van de indicator 'aandeel Brasem+Karper'. Omdat volgens Pot karper in kleinere wateren vaak de plaats van brasem inneemt, en het water troebel en plantenarm wordt bij een hoge biomassa van karper, is er voor gekozen om de indicator 'aandeel Brasem+Karper' te gebruiken als deelmaatlat voor de visstand van kanalen.

De (deel) maatlatten zijn recent deels herzien en gedocumenteerd in *Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021 (van der Molen et al., 2012)*. De positie van de karper in de maatlatten en de beoordeling ervan, is in deze herziening echter niet gewijzigd.

Tabel 2 geeft voor een aantal M-typen de huidige deelmaatlat 'aandeel (biomassa) Brasem+Karper' weer, en de klassengrenzen voor zowel GEP als MEP.

¹² Binnen de KRW-typologie voor de Nederlandse oppervlaktewateren vallen kanalen onder de KRW-typologie 'meren' (M-typen; Elbersen *et al.*, 2003). Alle stagnante, lijnvormige wateren met een breedte van meer dan 8 meter worden volgens die indeling tot de kanalen gerekend, smallere wateren worden ingedeeld als 'sloten'.

Tabel 2. Huidige klassegrenzen en beoordeling van de deelmaatlat 'Aandeel brasem en karper' voor M1, M3, M6a/b, M7a/b en M10. Voor omschrijving typen, kolom 2, zie onderstaande tekst.

Type	omschrijving	Aandeel Brasem + Karper (%)		matig	ontoereikend	slecht
		GEP	MEP			
M1	Gebufferde sloten op ¹³ minerale bodem	<25	10	25-50	50-75	> 75
M3	(gebufferde) regionale kanalen	<45	30	45-65	65-85	>85
M6a	Grote ondiepe kanalen, zonder scheepvaart	<45	30	45-65	65-85	>85
M6b	Grote, ondiepe kanalen met scheepvaart	<65	50	65-80	80-90	>90
M7a	Grote diepe kanalen zonder scheepvaart	<45	30	45-65	65-85	>85
M7b	Grote diepe kanalen met scheepvaart	<65	50	65-80	65-85	>85
M10	Laagveenvaarten en kanalen	<25	10	25-50	50-75	>75

Het opnemen van de karper in deze deelmaatlaten mist echter een adequate onderbouwing en is daarom discutabel, zoals Kroes *et al.* (2010) aangeven. De soorten brasem en karper zijn niet zonder meer 'uitwisselbaar', verschillen in biologische eigenschappen en in hun mogelijke rol en impact in ecosystemen. De relatief hoge biomassa van individuele karper kan leiden tot een vertekend beeld en een foutieve beoordeling. De beoordeling is gebaseerd op gewichtsaandelen waarbij een relatief klein aantal benthivore vissen zoals brasem en karper al kunnen leiden tot lage kwaliteitsscores en daarmee niet correcte beoordelingen. Daarnaast zijn er relevante verschillen ten aanzien van bemonsteringen (efficiency vangtuigen, zeker ook ten opzichte van karper) en beoordelingen. Ook in brakke wateren is met betrekking tot de KRW-beoordeling een probleem met abundantie van karper geconstateerd (mededeling C. Rutjes, Grontmij).

Kroes *et al.* (2010) geven aan dat de gehanteerde klassengrenzen en de onderbouwing daarvan zijn gebaseerd op niet te achterhalen en/of onduidelijke afwegingen. Daarmee kan er in deze wateren met betrekking tot de karper sprake zijn van doelstellingen en

¹³ In Stowa (2012) wordt ten aanzien van sloten het volgende opgemerkt: "In gebufferde sloten zijn situaties denkbaar dat een vismaatlat niet bruikbaar is voor de beoordeling. Vooral in sterk geïsoleerde sloten kan de visstand zeer soortenarm zijn als gevolg van natuurlijke processen zoals vergaande verlandings. In dergelijke gevallen wordt geadviseerd geen doelstelling voor vissen af te leiden. Het is aan de waterbeheerder om in te schatten of de afwezigheid van vissoorten wordt veroorzaakt door natuurlijke processen of een gevolg is van menselijke pressures."

beoordelingen die ver af staan van de praktijkomstandigheden en /of een goede inschatting van de (potentiële) effecten van karperbestanden op de waterkwaliteit. In het licht van de beoordeling en de toetsing van het voorgenomen visserijbeheer, bijvoorbeeld een uitzetting van karper, kan dat aanleiding zijn voor onduidelijkheden (zie verder deel 5). Het voorgaande geldt ook ten aanzien van M1- type sloten. Koppeling van brasem-karperabundantie in één deelmaatlat mist ook hier adequate onderbouwing. Sloten zijn om verschillende redenen marginaal habitat voor brasem. De omvang van een karperbestand in sloten wordt bepaald door uitzetting of recrutering. In vegetatierijke sloten zal de snoek het karperbestand volledig reguleren; alleen in sloten met een hoog chloridegehalte (=ontbreken snoek) zou karper abundant kunnen zijn. In die situaties kan sterk worden getwijfeld aan de functionaliteit van een deelmaatlat 'vis' (zie ook voetnoot 13). Sloten die in verbinding staan met grotere watersystemen, kunnen door de karper worden benut als paai- en opgroeihabitat, maar om genoemde redenen zal hier vrijwel nooit sprake kunnen zijn van geslaagde recrutering. Voor beoordeling zal dan in feite het totale systeem (inclusief sloten) moeten worden beschouwd. Maar ook dan blijft de kritiek op de koppeling met brasemabundantie en de mogelijkheid van oververtegenwoordiging van karperbiomassa als resultante van niet-random bemonsteringen. Uitzettingen van karper in geïsoleerde sloten vinden vanuit de sportvisserij voor zover bekend niet plaats, met mogelijk lokale uitzondering van sloten als stadswater. Van veel sloten is ook het visrecht niet uitgegeven, zodat hier – behoudens door particuliere eigenaren– ook geen vis kan worden uitgezet. Sloten worden meestal gekenmerkt door verschillende menselijke drukken, waarbij het de vraag is –in vergelijking met deze 'drukken'- in hoeverre eventueel aanwezig karper een probleem is voor het bereiken van realistische doelen. Als aantoonbaar sprake is van een (te) hoge karperabundantie, verdient het aanbeveling het bestand via planmatig beheer te reguleren (zie verder deel 5), rekening houdend met de gewenste aanwezigheid van waterplanten.

R-typen

Voor stromende wateren zijn door Van der Molen et al. (2012) natuurlijke referenties en maatlatten opgesteld. Waterbeheerders kunnen op basis hiervan zelf maatlatten afleiden voor 'sterk veranderde' wateren. De karper is voor een aantal R-typen ingedeeld bij de eurytope soorten en getypeerd als habitatgevoelig (bijlage 11 in Van der Molen et al., 2012). De karper scoort in de stromende wateren (R-typen) volgens de KRW-systematiek positief tot indirect negatief, afhankelijk van het type. De karper is als habitat gevoelige soort een positieve indicator voor de ecologische kwaliteit van beken en kleine rivieren (R 4, 5, 6, 12,13,14,15,17,18). Voor de grote rivieren (R 7 en 8) is de karper een eurytope soort en zou daar in grote (gewichts) dichtheden de relatieve abundantie van stroomminnende en diadrome soorten kunnen drukken (dit geldt overigens voor alle eurytope soorten). Dit leidt dan tot een lagere EKR-score. Dergelijke abundanties komen echter in de praktijk niet voor en zullen alleen al door praktische beperkingen niet door uitzettingen kunnen worden gerealiseerd. De verschillen in positie en status van de karper in de respectievelijk deelmaatlatten voor M-en R-typen illustreert de huidige, discutabele opname van de karper in de KRW-systematiek.

5. Synthese en conclusies

1. Vegetatie, in het bijzonder van overstromingsvlaktes en oeverzones, speelt van nature een belangrijke rol als paaihabitat, opgroeihabitat en foerageergebied voor veel vissoorten, waaronder de karper. Het optimaliseren van de rekrutering als onderdeel van de levensstrategie van de karper is nauw verbonden met vegetatierijke gebieden in balans met het midden van predatie. In een ecologische typering dient de karper op basis van deze strategie feitelijk te worden beschouwd als rheo-fytofiele (plantminnende) vissoort (zie ook deel 1).
2. De karper is tolerant voor een groot aantal milieuomstandigheden (temperatuur, zuurstofgehalte, zoutgehalte, troebelheid) en kan daarmee in een groot aantal habitats voorkomen. Deze eigenschappen zijn gekoppeld aan een levensstrategie, waardoor vooral verspreiding kan optreden bij afwezigheid van een regulerende predator. Dit speelt vooral in landen/regio's waarbij een landklimaat (relatief lage wintertemperatuur, relatief hoge zomertemperatuur, snelle overgang in het voorjaar) vooral in meer extreme jaren bijdraagt aan: 1 volledige wintersterfte predator, 2 snelle en hoge rekrutering karper, gevolgd door een hoge natuurlijke produktie (zie ook deel 1). In Nederland komen deze omstandigheden niet voor. Wel kunnen lokaal in Nederland in door een hoog chloridegehalte predatorarme wateren relatief **dichte standen** worden aangetroffen.
3. In de min of meer natuurlijke, gematigde (West-Europese) omstandigheden, zorgt primair predatie door snoek in het begroeide waterareaal voor een (strikt) begrensde rekrutering van de karper. In ecologisch goed functionerende systemen worden karperstanden dan ook top-down gereguleerd. In niet-begroeide wateren is de rekrutering waarschijnlijk nihil tot marginaal door het ontbreken van paaisubstraat respectievelijk geschikt habitat voor larven.
4. De wetenschappelijke literatuur geeft aan dat de **introductie** van karper, in verschillende delen van de wereld (in sommige gevallen sterk) nadelige effecten heeft gehad op de waterkwaliteit en ecologische kwaliteit van watersystemen. Vanuit de hiervoor bij 1 en 2 beschreven levensstrategie, was in deze situaties sprake van een invasieve verspreiding en zeer hoge abundanties of biomassa's. In Nederland/West-Europa is dit risico, mede op basis van de constatering dat de karper al sinds de middeleeuwen in deze regio's voorkomt, zeer klein gebleken. Hoge abundanties kunnen voorkomen in geïsoleerde wateren met extreme omstandigheden (bijvoorbeeld Oostvaardersplassen) of in laaggelegen polders met hoge chloridegehaltenes, waardoor de snoek als predator ontbreekt.
5. In verschillende studies is onderzoek gedaan naar de mogelijke verbanden tussen de biomassa (aantallen) karper en een aantal parameters voor de

waterkwaliteit: P, N, troebelheid (zichtdiepte, extinctie) zoö- en fytoplankton, benthische invertebraten, macrofyten. Het totaalbeeld van resultaten en uitkomsten is echter diffuus, met grote verschillen tussen de studies. Onderzoeken naar bijvoorbeeld de relatie tussen biomassa karper en totaal-P of totaal-SRP geven geen eenduidige uitkomsten, soms zelfs tegengestelde uitkomsten. Dit geldt grosso modo ook voor de relatie karper-totaal-N. Een deel van de verschillen kan waarschijnlijk worden teruggevoerd op verschillen in methoden van onderzoek, geografische en/of watertype gebonden variatie en toegepaste karperabundanties.

6. In de (vrijwel alle) studies zijn biomassa's gebruikt of onderzocht die in de Nederlandse praktijk niet of zelden zullen voorkomen, mogelijk met uitzondering van specifiek voor de sportvisserij aangelegde en ingerichte karpervijvers. In de meeste onderzoeken (enclosures, mesocosms) is gewerkt met biomassa's > 250 kg/ha en overwegend kleine, hoog productieve karpers.
7. Verschillende studies indiceren dat P, chlorofyl en troebelheid lineair toenemen met het bestand aan karper. Andere studies wijzen meer op het mogelijk voorkomen van ecologische drempels, waarbij effecten van toenemende karperbiomassa's zich sprongsgewijs voordoen, afgewisseld met min of meer stabiele niveaus.
8. De karper kan opwerveling van sediment (bioturbatie), excretie van nutriënten en het ontwortelen van waterplanten veroorzaken. De mate van invloed is afhankelijk van individuele lengte/gewicht en biomassa. Een mogelijk effect hangt ook af van het type sediment (materiaal waterbodem). Wateren met een kleibodem zijn gevoeliger voor bijvoorbeeld opwerveling door karper dan wateren met een zanderig substraat. Windwerking kan een versterkend effect hebben bij wateren met een klei of slibsubstraat. Naast de karper en andere vissen kunnen ook benthische invertebraten effecten hebben op de waterkwaliteit.
9. De effecten op fytoplankton en zoöplankton (abundanties) lijken vooral indirect, met op basis van de vermelde onderzoeken sterk verschillende resultaten. Veel onderzoeken wijzen weliswaar op een toename van fytoplankton (chlorofyl a), waarschijnlijk door een verhoogde beschikbaarheid van nutriënten (P, N) als gevolg van bioturbatie en excretie. Karper kan bij hogere abundanties de zoöplanktensamenstelling veranderen, enerzijds door selectief te prederen op de grootste soorten/individuen, anderzijds doordat een toenemende troebelheid de graas-efficiency van het plankton reduceert.
10. Verschillende onderzoeken wijzen op een (niet-lineaire) afname van de (submerse) vegetatie door de aanwezigheid van karper. De dichtheid en lengte/gewicht gebonden eigenschappen (aantal individuen, snelgroeiend,

hoog-productief) lijken hierbij van (veel) grotere invloed dan de biomassa als zodanig. Bij hogere dichtheden versterkt de competitie om voedsel de foerageerintensiteit, waarbij de vegetatie afneemt zowel door ontworteling als door een toename van de troebelheid (fijn sediment). In de brede range biomassa/aantallen 150-450 kg/ha = 100 -200 individuen (van 1,5-2 kg/ stuk) liggen voor de meeste studies de omslagpunten of drempelwaarden.

11. De aanwezigheid van vegetatie kan een dempende werking hebben op de potentiële effecten van laagproductieve karperbestanden (=grote karpers) met biomassa's tot 300 kg/ha. Deze biomassa lijkt grofweg ook een drempelwaarde waarboven voor dergelijke bestanden sprake is van significante effecten. Het is waarschijnlijk dat in vegetatierijke wateren het foerageergedrag (deels) verschuift van de bodem naar de macrofauna in de vegetatie zelf.
12. De verschillen in de resultaten van de verschillende studies zijn groot, mede veroorzaakt door verschillen in objecten, methode van onderzoek (mesocosms en- respectievelijk exclusures, watertype en dergelijke) en toegepaste biomassa's respectievelijk aantallen/lengte/gewichten. Dit komt ook tot uitdrukking in de grote bandbreedte van de resultaten. Grote voorzichtigheid is derhalve geboden bij het vertalen van onderzoeksresultaten verkregen in gemanipuleerde omstandigheden naar ecosysteemniveau. De variatie tussen systemen is groot als gevolg van de variatie in onderliggende factoren en processen. De variatie in 'oorzaken en gevolgen' is daarmee ook groot en dat geldt ook voor de mogelijke invloed van de karper op de waterkwaliteit.
13. De combinatie van biomassa met individuele lengte/gewicht en aantal karpers, speelt een primaire rol bij het potentiële effect van karper (vergelijk het aantal 'bekken' per hectare). Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de impact van hoogproductieve dieren (K1, K2, K3) groter is dan de impact van grote, laagproductieve dieren. Op basis van de gerefereerde onderzoeken kan bijvoorbeeld met zekerheid worden aangenomen dat het mogelijke effect van 50 vissen van 2 kg/stuk/hectare (veel) groter is dan het effect van 10 vissen van 10 kg/stuk.
14. Bij een biomassa < 100 kg/ha, welke is samengesteld uit grotere, laagproductieve karpers, en een benut dragend vermogen, zijn effecten op het ecosysteem, in het bijzonder op de vegetatie, nihil tot zeer beperkt. Echter, in een situatie waarbij deze biomassa wordt ingenomen door kleine, hoog-productieve dieren (circa 1-2 kg stuk), kunnen er door het dan relatief grote aantal karpers (50-100 vissen per hectare) wel negatieve effecten worden verwacht. Deze impact kan vervolgens in de tijd worden versterkt door groei, competitie, productie en een eindbiomassa die dan, afhankelijk van het dragend vermogen, ver boven de 100 kg/ha zal uitstijgen.

15. In de biomassa-range van > 100-300 kg/ha zullen effecten van de karper op de waterkwaliteit sterker zichtbaar worden, in het bijzonder als sprake is van hoog-productieve dieren, groeiende competitie om voedsel en wateren met een fijn sediment. Ook als karpers in ondiepe delen aggregeren voorafgaand aan de paaitijd (veel individuen in een kleine ruimte/tijdschaal) kunnen er tijdelijk effecten optreden, zoals een toename van de troebelheid.
16. In de range 100-300 kg/ha is mogelijk sprake van ecologische 'drempels', waarbij stijgende abundanties weinig tot geen effect hebben (vergelijk hysteresis = weerstand tegen verandering), totdat met een relatief geringe biomassaverhoging, er een snelle verandering of verschuiving plaatsvindt. De waarschijnlijkheid en omvang van één of meer effecten neemt verder toe in de range naar 450 kg/ha, boven 450 kg/ha zal vrijwel altijd sprake zijn van grote effecten van de karper op de waterkwaliteit en het ecosysteem. In de hier genoemde ranges dient verder ook rekening te worden gehouden met de samenstelling van de karperstand in aantallen en individuele lengte/gewicht.
17. De huidige positie van de karper in de deelmaatlatten (beoordeling Kaderrichtlijn Water, stagnerende kunstmatige wateren (aantal M-typen), is onvoldoende onderbouwd wat betreft de relatieve abundantie in relatie tot klassegrens en beoordeling. Andere bezwaren tegen de huidige systematiek zijn: samenvoeging met de brasem, bemonsteringsartefacten, de beoordeling van brakke wateren en het verschil in beoordeling met karper in stromende wateren (R-typen).
18. Voor verschillende R-typen (stromend water) is de karper op basis van de referenties en maatlatten voor natuurlijke wateren, getypeerd als 'habitat gevoelig'. Het gaat hierbij om het aantalsaandeel. De aanwezigheid van karper is daarmee in de KRW-systematiek een positieve indicator voor de ecologische kwaliteit van beken en kleine rivieren.
19. De introductie en implementatie van de Kaderrichtlijn Water, waarbij de karper (beperkt) onderdeel is geworden van de beoordelingssystematiek, heeft ertoe bijgedragen dat in de praktijk de karper en het karperbeheer soms terecht is gekomen in een spanningsveld tussen waterbeheer (visstandbeheer) en het visserijbeheer.

6. Aanbevelingen

1. Het potentiële effect van verschillende biomassa-productie niveaus in relatie tot mogelijke ecologische drempels, kan een interessant aspect zijn bij het beheer van karperstanden maar kan voor de praktijk nog onvoldoende met data worden onderbouwd. Praktijkonderzoek in verschillende watertypen is gewenst. Hier ligt een gemeenschappelijke opgave voor het waterbeheer en de sportvisserij.
2. Aansluitend op aanbeveling 1, is het van belang meer informatie te verkrijgen over de interactie grote karper – waterplanten. Aanleiding hiervoor is mede dat vanuit vangstregistraties blijkt dat er karper biomassa's > 200 kg/ha voorkomen bij een waterplantenbedekking van 60-80%.
3. Herziening en een betere onderbouwing van de karper in de KRW-systematiek is gewenst. Een breder beeld- en oordeelvorming over de relatie karper-KRW binnen het waterbeheer, ook wat betreft bemonsteringen, beoordelingen en maatlatten, verdient hierbij aanbeveling. Afhankelijk van de uitkomsten, zou herziening van de systematiek ook moeten worden gerelateerd aan de (toekomstig) mogelijk juridische verankering van visuitzettingen en de rol van de waterbeheerder daarbij. Deze aanbeveling voor herziening betreft zowel de stilstaande- (M), stromende- (R) als brakke wateren.

7. Literatuur

- Badiou, P.H. (2006). Ecological impacts of an exotic benthivorous fish in wetlands: a comparison between common carp (*Cyprinus carpio* L.) additions in large experimental wetlands and small ecocosms in Delta Marsh, Manitoba. Thesis, University of Manitoba (abstract only).
- Badiou, P.H.J. & L.G. Goldsborough (2010). Ecological impacts of an exotic benthivorous fish in large experimental wetlands, Delta Marsh, Canada. *Wetlands* 30 (4): 657-667 (abstract only).
- Bajer, P.G., G.Sullivan & P.W. Sorensen (2010). Effects of a rapidly increasing population of common carp on vegetative cover and waterfowl in a recently restored Midwestern shallow lake. *Hydrobiologia* 632 (1): 235-245.
- Bajer, P.G. & P.W. Sorensen (2009). Recruitment and abundance of an invasive fish, the common carp, is driven by its propensity to invade and produce in basins that experience winter-time hypoxia in interconnected lakes. *Biological Invasions*.
- Barthelmes, D., U. Braemick (2003). Variability of a cyprinid lake ecosystem with special emphasis on the native fish fauna under intensive fisheries management including common carp (*Cyprinus carpio*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Limnologica* 33: 10-28.
- Breukelaar, A.W. (1992). Effect van bodemwoelende vis op de waterkwaliteit. RIZA-nota 92-038. RIZA, Lelystad.
- Breukelaar, A.W., E.H.R.R. Lammens, J.G.P. Klein-Breteler & I. Tatrai (1994). Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll a. *Freshwater Biology* 32: 113-121.
- Cahn, A. R. (1929). The effect of carp on a small lake: The carp as a dominant. *Ecology*, 10: 271 -274.
- Chumchal, M.W., W.H. Nowlin, R.W. Drenner (2005). Biomass-dependent effects of common carp on water quality in shallow ponds. *Hydrobiologia* 545: 271-277.
- Crivelli, A.J. (1983). The destruction of aquatic vegetation by carp : A comparison between southern France and the United States. *Hydrobiologia*. vol. 106: p. 37-41
- Dekker, W., J. Willemsen, A.J.P. Raat (1986). Rapport werkgroep evaluatie beheersmethoden ; Aal, Baars, Karper en Blankvoorn ; Biologie, Populatieontwikkeling en Beheer . Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, RIVO DLO Rijksinstituut voor Visserijonderzoek Dienst Landbouwkundig Onderzoek, LNV Visserij Landbouw,

Natuurbeheer en Visserij, LUW Landbouwniversiteit Wageningen. - Nieuwegein (Nederland) : S&B, RIVO, OVB, 1986. - 121 p.

Devine, M.G., Shiozawa, D.K., (1984). Littoral and dial behaviour of white bass (*Morone chrysops*) and carp (*Cyprinus carpio*) in Utah Lake. Great Basin Nat. 44: 509-515.

Driver, P.D., G.P. Closs, T. Koen (2005). The effects of size and density of carp (*Cyprinus carpio* L.) on water quality in an experimental pond. Archives of Hydrobiology 163: 117-131.

Edwards, E.A., K. Twomey (1982). Habitat suitability index models: common carp. US Fish & Wildlife Serv. FWS/OBS-82/10.12.

Egertson, C.J., J.A. Downing (2004). Relationship of fish catch and composition to water quality in a suite of agriculturally eutrophic lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61: 1784-1796.

Elbersen, J., P.F.M. Verdonschot, R. Nijboer, H. Hartholt (2003). Typologie, maatlatten en referenties bij Kaderrichtlijn Water. H2O 36 (20) p. 24 – 27

Hertam, S.C. (2010). The effects of common carp (*Cyprinus carpio* L.) on water quality, algae and submerged vegetation in Delta Marsh, Manitoba. Master Thesis, University of Manitoba. Abstract only.

Heuts, P.G.M. (2007) Effect van benthivore vissen, met name karper (*Cyprinus carpio* L.) op de waterkwaliteit, een literatuuronderzoek. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Houten.

Jaarsma, N. M. Klinge, L.P.M. Lamers (2008) Van helder naar troebel.... en weer terug. STOWA Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht (Nederland) (STOWA-rapport 2008-04).

Jackson, Z.J., M.C. Quist, J.A. Downing, J.G. Larscheid (2010). Common carp, sport fishes and water quality : ecological tresholds in agriculturally eutrophic lakes. Lake and Reservoir Management 26: 1, 14-22.

June, F.C. (1977). Reproductive patterns in seventeen fish species of warm water fishes in a Missouri River reservoir. Environmental Biology of Fish 2: 285-296.

King, D.R., G.S. Hunt (1967). Effect of carp on vegetation in a Lake Erie marsh. J. Wildl. Mngt. vol. 31 (1).p. 181-188.

Kroes, M., B. Bakker, S. Sollie (2010). KRW-maatlatten voor vis in ondiepe gebufferde M-watertypen: bouwstenen voor de evaluatie van de referenties en maatlatten. TAUW Water, Utrecht.

Lougheed, V.L., B. Crosbie, P. Chow-Fraser (1998). Predictions on the effect of common carp (*Cyprinus carpio*) exclusion on water quality, zooplankton, and submergent macrophytes in a Great Lakes wetland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: p 1189-1197.

Matsuzaki, S.S., N. Usio, N. Takamura, I. Washitani (2007). Effects of common carp on nutrient dynamics and littoral community composition: roles of excretion and bioturbation. *Fundamental and Applied Limnology* 168: 27-38 (Abstract only).

McCrimmon, H.R. (1968). Carp in Canada. FRB Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 165, Ottawa 93 p.

Molen, D.T. van der, R. Pot (2007). Referenties en Maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water – aanvullingen. STOWA 2007-32 B.

OVB (1986), cursus Vissoorten; snoek. OVB, Nieuwegein.

Özbay, H.F. (2008). An enclosure experiment to test the effects of common carp on the water quality in a shallow Turkish soda lake. *Fresenius Environmental Bulletin* 17. 12a : 2078-2082. (Abstract only).

Parkos, J.J. III, V.J. Santucci, D.H. Wahl (2003). Effects of adult common carp (*Cyprinus carpio*) on multiple trophic levels in shallow mesocosms. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 182-192.

Parks, C.R. (2006). Experimental manipulation of connectivity and common carp; the effects on native fish, water-column invertebrates and amphibians in Delta Marsh, Manitoba. Master Thesis, University of Manitoba.

Phelps, Q.E., B.D.S. Graeb, D.W. Willis (2008). Influence of the Moran effect on spatiotemporal synchrony in common carp recruitment. *Transactions of the American Fisheries Society* 137: 1701-1708.

Pot, R. (red.) (2005). Default MEP/GEP's voor sterk veranderde en kunstmatige wateren. Concept. Roelf Pot, Oosterhesselen, in opdracht van RIZA.

Raat, A.J.P. (1988). Synopsis of biological data on northern pike *Esox lucius* L. FAO Fisheries synopsis no. 30. FAO, Rome.

Robel, 1961. In: Chumchal et al., 2005.

Roberts, J., A. Chick, L. Oswald, P. Thompson (1995). Effect of carp, *Cyprinus carpio* L., an exotic benthivorous fish, on aquatic plants and water quality in experimental ponds. *Marine Freshwater Research* 46: 1171-1180 (abstract only).

Rozas, L. P., Odum, W E. (1988). Occupation of submerged aquatic vegetation by fishes :testing the roles of food and refuge. *Oecologia (Berl.)* 77: 101-106.

Sarig, S. (1966). Synopsis of biological data on common carp *Cyprinus carpio* L. FAO Fisheries Synopsis no. 31.2. FAO, Rome.

Scheffer, M. (1998). Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall. ISBN 0-412-74920-3.

Sidorkewicz, N., Cazorla, A.C.L, Murphy, K.J, Sabbatini, M.R., Fernandez, O. A. (1998). Interaction of Common Carp with Aquatic Weeds in Argentine Drainage Channel. Journal of Aquatic Plant Management 36 (Jan 1998): 5-10.

Smith 1999, in: Heuts, 2007

Unie van Waterschappen, Combinatie van Beroepsvissers, Sportvisserij Nederland (2007). Adviesnota visstandbeheer-waterbeheer. UvW, Den Haag.

Threinen, C.W. & W.T. Helm (1954). Experiments and observations designed to show carp destruction aquatic vegetation. J. Wildl. Manage, vol. 18 (2). p. 247-251 p.

Weber, J.M., M.L. Brown (2009). Effects of Common Carp on Aquatic Ecosystems 80 Years after 'Carp as a Dominant': Ecological Insights for Fisheries Management. Reviews in Fisheries Science 17 (4): 524-537.

Weber, J.M., M.L. Brown (2011) Relationships among invasive common carp, native fishes and physicochemical characteristics in upper Midwest (USA) lakes. Ecology of Freshwater Fish 20 (2): 270-278.

Wilt, R.S. de, W.A.M. van Emmerik (2008). Kennisdocument karper, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). Sportvisserij Nederland, Bilthoven. Kennisdocument 22.

Zaal, L. (2003). Licht onder water, Pilot-onderzoek naar het doorzicht voor duikers in recreatieplas De Berendonck, Wetenschapswinkel Wageningen UR rapport 184.

Zambrano & Hinojosa (1999). Direct and indirect effects of carp (*Cyprinus carpio* L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central Mexico. In: Jackson et al., 2010.