

RAPPORT

## **Voedselweb Ecopath berekeningen IJsselmeer Markermeer**

Update Ecopath data

Klant: RWS-WVL

Referentie: BH5816WATRP2011301319

Status: Definitief/P02.01

Datum: Thursday, 15 April 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35  
3818 EX AMERSFOORT  
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Voedselweb Ecopath berekeningen IJsselmeer Markermeer

Ondertitel:  
Referentie: BH5816WATRP2011301319  
Status: P02.01/Definitief  
Datum: Thursday, 15 April 2021  
Projectnaam: Ecopath v3  
Projectnummer: BH5816  
Auteur(s): Niels Schoffelen

Opgesteld door: Niels Schoffelen

---

Gecontroleerd door: Martin de Haan

---

Datum: 20-4-2021

---

Goedgekeurd door: Roel Knobben

---

Datum: 20-4-2021

---

Classificatie

Projectgerelateerd

*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden vervoelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Projectomschrijving</b>	<b>1</b>
1.1	Zoöplanktondata	1
1.2	Macrofauna Markermeer	1
1.3	Vogeldata Markermeer	1
1.4	Verkennde analyse differentiatie in ruimte en tijd	1
1.5	Visdieetgegevens	1
1.6	Voedselweb basisgegevens	2
1.7	Overige werkzaamheden	2
<b>2</b>	<b>Samenvatting uitgewerkte data en toegepaste methoden</b>	<b>3</b>
2.1	Zoöplankton	3
2.2	Macrofauna Markermeer	4
2.3	Vissen	5
2.4	Vogels IJsselmeer en Markermeer (vluchtlus gecorrigeerd)	8
<b>3</b>	<b>Verkennde analyse differentiatie in ruimte en tijd</b>	<b>10</b>
3.1	Inleiding	10
3.2	Monitoring	10
3.3	Modelkeuze	12
3.3.1	Tijd analyse	12
3.3.2	Deelgebied/ruimtelijk model	12
<b>4</b>	<b>Referenties</b>	<b>14</b>

## BIJLAGEN

Bijlage 1: Variatie biomassa zoöplankton in het IJsselmeergebied

Bijlage 2: Zoöplanktonsoorten IJsselmeergebied en indeling in functionele groepen

## 1 Projectomschrijving

In navolging van het Markermeer voedselweb project (de Haan et al. 2019) worden er voorbereidingen getroffen om een nieuwe Ecopath-analyse uit te voeren met een uitgebreidere set aan monitoringsdata. Voor het uitvoeren van een nieuwe Ecopath-analyse zijn nieuwe ecologische data beschikbaar voor zoöplankton, vogels en het dieet van vissen in het IJsselmeer en Markermeer. Aan RHDHV is gevraagd deze data om te zetten tot biomassa-gegevens die direct zijn toe te passen in het Ecopathmodel.

### 1.1 Zoöplanktondata

Ten opzichte van het eerdere Ecopathmodel is er nu een uitgebreidere set aan zoöplanktondata beschikbaar, waardoor het model verder verfijnd kan worden. Voor deze nieuwe zoöplanktondata is uitgezocht en afgestemd welke soortenaggregatie voor het model gewenst is. Vervolgens zijn de soortentellingen omgerekend tot biomassagetallen. Aanvullend is aan de hand van een literatuurstudie gekeken of de productie- en consumptiesnelheden verder kunnen worden verbeterd, nu dit beter gerelateerd kan worden aan de zoöplanktonsamenvatting van het IJssel- en Markermeer.

### 1.2 Macrofauna Markermeer

In de eerder uitgevoerde Ecopath-analyse voor het Markermeer waren alleen biomassadata voor mosselen beschikbaar. Voor de overige macrofauna is daarom van een kengetal gebruik gemaakt. Met de nieuw aangeleverde macrofauna gegevens (Verdonschot 2020) is een verbeterde biomassa-analyse gemaakt voor de overige macrofaunagroepen in het IJssel- en Markermeer. Ook is er nader gekeken of er relevante functionele groepen kunnen worden gemaakt van de nieuwe macrofaunadata binnen het Ecopathmodel.

### 1.3 Vogeldata Markermeer

De recente vogeltellingen voor het Markermeer zijn onlangs gecorrigeerd voor vluchtmissen, waardoor van bepaalde vogelsoorten de aantallen beter worden ingeschat voor het gebied. Deze gecorrigeerde telgegevens zijn door RWS aan RHDHV aangeleverd. RHDHV heeft deze omgerekend tot biomassagetallen voor het Ecopathmodel.

### 1.4 Verkennende analyse differentiatie in ruimte en tijd

In de huidige modelanalyses (bijvoorbeeld Ecopath) is voor het IJsselmeer en Markermeer maar beperkt rekening gehouden met variaties in ruimte en tijd. Via een verkennende notitie is onderzocht welke datasets er momenteel geschikt zijn voor het uitvoeren van een gebiedsspecifieke analyse variërend in ruimte en tijd. Vervolgens is verkend welk aanvullend inzicht hiermee verkregen kan worden.

### 1.5 Visdieetgegevens

Op basis van onderzoek van Wageningen Marine Research (WMR) naar de dieetsamenstelling van vissen aanwezig in het Marker- en IJsselmeer in 2019 is een update gemaakt voor het huidige Ecopathmodel.

## 1.6 Voedselweb basisgegevens

Voor onze analyses hebben wij de volgende datasets verwerkt:

### Zoöplanktondata

- Zoöplanktondata 92-02 (format Excel)
- Zoöplanktondata 2018 (format Excel)
- Zoöplanktondata 2019 (format Excel)

### Macrofaunadata

Studie trofische aspecten van macro-evertebraten in het Markermeer.

### Vogeldata Markermeer

Update recente vogeldata gecorrigeerd voor vluchtlussen (format Excel).

### Visdieetgegevens

Visbiomassa en voedselweb IJM MM 2019 (format Excel).

***De eindresultaten zijn opgeleverd in een databaseformat (Excel-sheets).***

***Link:*** <https://royalhaskoningdhv.box.com/s/3xib2einhylh16vaqlmfpej8qa4cdyez>

## 1.7 Overige werkzaamheden

Daarnaast hebben wij binnen deze opdracht afstemming bereikt met het NIOO rond de dataverwerking. Zo kunnen zij deze gemakkelijk implementeren in de nieuwe Ecopath-analyse.

## 2 Samenvatting uitgewerkte data en toegepaste methoden

### 2.1 Zoöplankton

IJsselmeer functionele voedingsgroepen	biomassa AVD g/m <sup>2</sup> (2019)	PB	CB
AFIL	0.89	45.97	153.24
AFIL, PRE	0.73	37.02	123.41
DET, OTH	0.00	138.42	461.39
GRA	0.28	29.91	99.67
GRA, AFIL, DET, PRE	0.08	26.72	89.06
GRA, DET, PRE	0.02	5.57	18.56

Markermeer functionele voedingsgroepen	biomassa AVD g/m <sup>2</sup> (2019)	PB	CB
AFIL	0.42	44.39	147.96
AFIL, PRE	0.20	57.42	181.39
DET, OTH	0.00	178.19	593.98
GRA	0.03	93.09	310.29
GRA, AFIL, DET, PRE	0.02	23.74	79.14
GRA, DET, PRE	0.08	19.51	65.04

Functionele voedingsgroepen	afkorting	voedselbronnen
Shredders	SHR	Gevallen bladeren, plantmateriaal en CPOM*
Grazers Scrapers, raspers	GRA	Endo en epitheel algenmateriaal, biofilm, POM*, beperkt materiaal van levende planten.
Actieve filteraars	AFIL	Actief filteren van FPOM* uit de waterkolom.
Passieve filteraars	PFIL	Materiaal dat bereikbaar is door waterstroming
Detritus voeders	DET	Sediment/ FPOM*
Bladboorders, mijners	MIN	Bladeren van aquatische planten, algen en cellen van aquatische planten.
Xylophagous	XYL	Hout materiaal
Predators	PRE	Actief selecteren van prooien en aggregaten van organisch materiaal
Parasiteren	PAR	Gastheer
Omnivoren en overige	OTH	Omnivoor, divers

\* CPOM: grof paticulated organisch materiaal, POM: paticulated organisch materiaal, FPOM: fijn paticulated organisch materiaal. Moog, O. & A. Hartmann (Eds.) (2017): Fauna Aquatica Austriaca, 3. Edition 2017. BMLFUW, Wien.

#### Methoden biomassaberekening zoöplankton

In 2019 is (sinds jaren) weer een zoöplanktonmonitoring uitgevoerd waarbij ook biomassa's zijn uitgerekend. Omdat van eerdere jaren wel zoöplanktontellingen per soort beschikbaar zijn, is onderzocht of de biomassametingen uit 2019 zouden kunnen worden toegepast voor deze meetjaren (zie bijlage 1). Uit dit onderzoek blijkt echter dat dit niet mogelijk is zonder het introduceren van zeer grote onzekerheden, waardoor een verkeerd beeld zou kunnen ontstaan over de zoöplanktondata in deze meetronden. Daarom beperkt deze analyse zich tot de monitoringsgegevens uit 2019.

Het zoöplankton hebben wij opgedeeld in verschillende functionele groepen, gebaseerd op hun voedingsgedrag. Deze functionele groepen zijn gebaseerd op de indeling toegepast in FAA 2017: (Moog & Hartmann 2017; zie bijlage 2). Voor verschillende zoöplanktonsoorten is het niet mogelijk een enkele voedingsstrategie toe te wijzen, omdat deze kan variëren of veranderen in verschillende levensstadia. Daarom zijn de indelingen gemaakt aan de hand van clusters van voedingsstrategieën.

#### Methoden productieberekening zoöplankton

De productie is berekend aan de hand van de formule ontwikkeld voor temporale wateren in Stockwell & Johannsson 1997.

#### Methoden consumptieberekening zoöplankton

De consumptie berekening is gebaseerd op een vaste verhouding ten opzichte van de productie ( $PB/0.3 = CB$ ), als ook toegepast in Shan et al. 2014.

## 2.2 Macrofauna Markermeer

### Macrofauna biomassagegevens opgedeeld in Voedselgroepen monitoringsjaar 2016:

Voedselgroep	n monsters	gem_aantal	Biomassa AVD (g/m <sup>2</sup> )
-	16	31.0	0.001
Ded	88	5092.9	11.463
DHe	79	192.1	0.374
Hea	85	1061.6	3.886
Hep	2	43.5	0.001
Oma	58	173.9	0.615
Omi	87	1329.5	1.462
Pea	83	201.6	0.106
Pei	80	57.7	0.011

Voedselgroep	Code
fijne detritus ( $\leq 1\text{mm}$ )	Ded
dood plantenmateriaal ( $> 1\text{mm}$ ) – detritivoor op grof organisch materiaal	DHe
levende microfyten – herbivoor op algen	Hea
levende macrofyten – herbivoor op mossen en hogere planten	Hep
dood dierlijk materiaal ( $> 1\text{mm}$ ) - aaseter	SC
fijn sediment + micro-organismen – omnivoor op fijn organisch materiaal, micro-organismen (levende en dode algen en microfauna)	Omi
opportunisten (detritivoor, herbivoor, carnivoor op grotere dieren)	Oma
levende micro-invertebraten – carnivoor op microfauna	Pei
levende macro-invertebraten – carnivoor op macrofauna	Pea

#### Methoden biomassaberekening macrofauna

Afgezien van de mosselkarteringen waren er geen verdere macrofaunagegevens beschikbaar voor de macrofauna. In 2016 is een uitgebreide kartering uitgevoerd die onlangs is uitgewerkt (Verdonschot 2020).

Voor het uitvoeren van de modelanalyse is ervoor gekozen om gebruik te maken van de uitsplitsing van soorten in voedselgroepen, als ook aanbevolen door Verdonschot (2020).

## 2.3 Vissen

biomassa vissen IJsselmeer (2019)	biomassa totaal per jaar (kg/ha natgewicht)	biomassa totaal per jaar (kg/ha AVD)	biomassa drooggewicht gram/m <sup>2</sup> /jaar
planktivoor	22.38	5.12502	0.512502
benthivoor	25.48	5.83492	0.583492
piscivoor	11.6	2.6564	0.26564

biomassa vissen Markermeer (2019)	biomassa totaal per jaar (kg/ha natgewicht)	biomassa totaal per jaar (kg/ha AVD)	biomassa drooggewicht gram/m <sup>2</sup> /jaar
planktivoor	20.35	4.66015	0.466015
benthivoor	29.61	6.78069	0.678069
piscivoor	18.2	4.1678	0.41678

Tabel 2-1 Trofische klassenverdeling per vissoort: Indeling van voedsel per soort. In dit overzicht is rekening gehouden met verandering in dieet tussen verschillende levensstadia (lengte klassen).



soort	lengtespecifieke trofische positie		
	planktivoor	benthivoor	piscivoor
Aal		30%	70%
Alver	100%		
Baars	<15 cm		>15 cm
Blankvoorn	<25 cm	>25 cm	
Bot		100%	
Brasem	<25 cm	>25 cm	
Driedoornige stekelbaars	100%		
Dunlipharder	100%		
Giebel		100%	
Haring	100%		
Hybride	<25 cm	>25 cm	
Karper	<15 cm	>15 cm	
Kesslers grondel		100%	
Kleine marene	100%		
Kleine zeenaald	100%		
Kolblei	<25 cm	>25 cm	
Noordzeehouting	<25 cm	>25 cm	
Pontische stroomgrondel		100%	
Pos		100%	
Rietvoorn	<25 cm	>25 cm	
Roofblei	<15 cm		>15 cm
Snoek			100%
Snoekbaars			100%
Spiering	100%		
Sprot	100%		
Winde	<25 cm	>25 cm	
Zeeforel	<15 cm		>15 cm
Zwartbekgrondel		100%	

**Methoden biomassaberekening vissen**

Data voor vissenbiomassa en voedselsamenstelling per soort zijn aangeleverd door Joep de Leeuw van Wageningen Marine Research. De biomassagegevens uit 2019 zijn aangeleverd als kg/ha per soort onderverdeeld per lengte klasse. Per soort zijn deze biomassa's weer onderverdeeld in functionele groepen (piscivoor, benthivoor, planktivoor), hierbij is rekening gehouden dat het voedselpatroon binnen een soort kan veranderen afhankelijk van het levensstadium van de vis. Deze zijn omgezet naar g AVD/m<sup>2</sup> volgens Lantry & O'Gorman 2007.

## 2.4 Vogels IJsselmeer en Markermeer (vluchtlus gecorrigeerd)

biomassa vogels IJsselmeer (12-17)	biomassa totaal per jaar (gram drooggewicht)	biomassa drooggewicht gram/m2/jaar
benthoseters	184995244	0.01361
bovenste waterlaag vis	12986230	0.00096
oppervlak vis	30624687	0.00225
hele waterlaag vis	137419523	0.01011
herbivoor	122881858	0.00904

biomassa vogels IJsselmeer (85-90)	biomassa totaal per jaar (gram drooggewicht)	biomassa drooggewicht gram/m2/jaar
benthoseters	236939448	0.01743
bovenste waterlaag vis	25976892	0.00191
oppervlak vis	39475903	0.00290
hele waterlaag vis	69602611	0.00512
herbivoor	64410410	0.00474

biomassa vogels Markermeer (12-17)	biomassa totaal per jaar (gram drooggewicht)	biomassa drooggewicht gram/m2/jaar
benthoseters	49604720	0.00591
bovenste waterlaag vis	1048907	0.00012
oppervlak vis	8625799	0.00103
hele waterlaag vis	24501892	0.00292
herbivoor	140003875	0.01667

biomassa vogels Markermeer (85-90)	biomassa totaal per jaar (gram drooggewicht)	biomassa drooggewicht gram/m2/jaar
benthoseters	125316977	0.01492
bovenste waterlaag vis	5550422	0.00066
oppervlak vis	23831045	0.00284
hele waterlaag vis	21420341	0.00255
herbivoor	84900137	0.01011

Voedselgroep	Soorten
benthoseters	Brilduiker, Kuifeend, Topper
bovenste waterlaag vis	Grote Zaagbek, Middelste Zaagbek, Nonnetje
oppervlak vis	Dwergmeeuw, Grote Mantelmeeuw, Kokmeeuw, Stormmeeuw, Visdief, Zilvermeeuw, Zwarte Stern
hele waterlaag vis	Aalscholver, Fuut
herbivoor	Knobbelzwaan, Meerkoet, Smient, Tafeleend

#### **Methoden biomassaberekening vogels**

Vogeldagen gegevens voor de referentieperioden zijn afkomstig van de maandelijkse watervogeltellingen IJsselmeergebied, uitgevoerd door RWS. Deze tellingen zijn gecorrigeerd voor de vluchtlussen, waardoor bepaalde vogelsoortenaantallen beter worden ingeschat voor het hele gebied, zodat daarmee uiteindelijk betrouwbaardere biomassaberekeningen kunnen worden gemaakt (van Rijn 2019). De gecorrigeerde vogeltellingen zijn omgezet naar biomassa aan de hand van vogelgewichten, hiervoor zijn de data aangeleverd door RWS (de Haan et al. 2019). Het foerageer- en visgedrag voor de verschillende vogels (bovenste, gehele, toplaag bevissende vogels), is gebaseerd op observaties van Mennobart van Eerden (RWS). Hierop zijn de uiteindelijke functionele groepen ingedeeld. Deze indeling is niet absoluut, maar geeft een algemeen kloppende categorisering. De vogeldata zijn omgezet naar drooggewicht aan de hand van Campbell & Leatherland (1980).

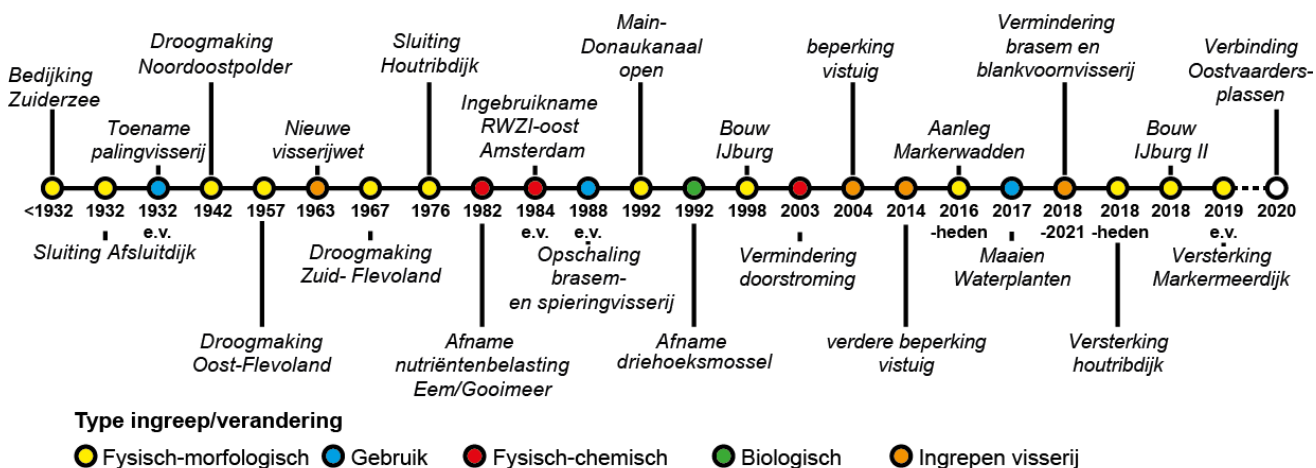
### 3 Verkennende analyse differentiatie in ruimte en tijd

#### 3.1 Inleiding

Het IJsselmeergebied is een van de grootste Natura 2000-gebieden van Nederland met een belangrijke functie voor watervogels. Het voedselweb in IJsselmeer en Markermeer is veranderd onder andere door autonome ontwikkelingen als de opkomst van waterplanten, maar ook door ingrepen voor de ontwikkeling van nieuwe natuur als de Marker Wadden en Trintelzand, bouwprojecten als IJburg of de ingebruikname van afvalwaterzuiveringen (zie figuur 3-1). Hierdoor kan het voedselweb verbeteren of verslechteren voor de doelsoorten van het IJsselmeergebied. Deze veranderingen hebben niet alleen impact voor het gehele natuurgebied, maar juist ook voor specifieke deelgebieden. Om de impact van ontwikkelingen en ingrepen in het IJsselmeergebied goed te kunnen volgen is het daarom van belang deze ook voor de relevante deelgebieden in kaart te brengen.

Om de ecologische ontwikkeling te volgen en te duiden voert RWS monitoring uit en de resultaten hiervan worden toegepast in ecologische modellering als bijvoorbeeld de voedselwebanalyses voor het Markermeer (de Haan et al. 2019).

In deze notitie wordt verkend welke monitoring en modellering zich lenen voor een verdere ruimtelijke en temporele modellering ten behoeve van het in kaart brengen van de voedselwebontwikkeling.



Figuur 3-1 Tijdslijn van ingrepen en ontwikkelingen in het Markermeer. In de tijdslijn is aangegeven of het een fysisch-morfologische, fysisch-chemische, gebruik, biologische of Ingrepen in de visserij betreft. (De Haan et al. 2019)

#### 3.2 Monitoring

Om de ontwikkeling van het voedselweb te volgen zijn monitoringsgegevens cruciaal. Deze monitoring wordt onderverdeeld in verschillende soortgroepen: 1) fytoplankton, 2) waterplanten, 3) macrofauna, 4) zoöplankton, 5) vissen, 6) vogels. Monitoring wordt verschillend uitgevoerd zowel ruimtelijk, in de tijd als ook methodologisch. Vooral de hogere trofische niveaus (vogels en vissen) zijn complexer om ruimtelijk te analyseren omdat deze soorten vaak van een leefgebied gebruik maken dat groter is dan een deelgebied van het Marker- of IJsselmeer. Andere trofische niveaus zoals waterplanten zijn juist sterk deelgebiedgebonden en dus makkelijker in deelgebiedspecifieke modellen mee te nemen (zie tabel 3-1).

Tabel 3-1 Monitoringsdata voor ruimtelijke en temporele modellering per soortgroep:

Monitoring	Toepasbaar in deelgebied/ruimtelijkmodel	Toepassing in temporeel model
1) Fytoplankton	Ja, Veel deelgebieden hebben een meetstation. Daarnaast is het mogelijk om met satellietbeelden het ruimtelijk inzicht te verbeteren.	Ja, monitoring wordt structureel uitgevoerd.
2) Waterplanten	Ja, Monitoring wordt ruimtelijk uitgevoerd.	Ja, monitoring wordt structureel uitgevoerd.
3) Macrofauna	Ja, monitoring voor mosselen wordt ruimtelijk uitgevoerd met daarnaast een sporadische ruimtelijke analyse van de overige macrofauna soorten (zie monitoring Markermeer; Verdonschot 2020)	Ja, monitoring wordt structureel uitgevoerd.
4) Zoöplankton	Ja, momenteel beperkt aantal monitoringsstations. Mogelijk kan dit worden uitgebreid naar meer deelgebieden.	Ja, structurele monitoring wordt weer opgepakt.
5) Vissen	Complex, model moet rekening houden met in- en uitflux van vissen in het deelgebied. Hiervoor moeten gegevens beschikbaar zijn. Monitoring met zendering zou hier een beter inzicht in kunnen geven.	Ja, monitoring wordt structureel uitgevoerd.
6) Vogels	Complex, model moet rekening houden met in- en uitflux van vogels in het deelgebied. Hiervoor moeten gegevens beschikbaar zijn. Momenteel worden de vogelgegevens als getallen voor het IJssel- dan wel Markermeer aangeleverd. Wel zijn er meetgegevens beschikbaar voor specifieke vakken die tot deelgebied-specifieke data zouden kunnen worden opgewerkt. Daarnaast kan ook met zendering/radar inzicht worden verkregen van welke deelgebieden soorten gebruik maken.	Ja, monitoring wordt structureel uitgevoerd.

### 3.3 Modelkeuze

#### 3.3.1 Tijd analyse

Waarbij Ecopath voor het voedselweb een snapshot geeft van statische massabalans kan met Ecosim een dynamische simulatie in de tijd worden gegeven. Ecosim maakt het zo mogelijk om verschillende ingrepen binnen deze modelomgeving te testen voor verschillende tijdsperiodes, zoals toegepast voor scenario's van het Markermeer (Haan et al. 2019). Voor deze simulaties stelt Ecosim geen aanvullende eisen aan de data ten opzichte van een Ecopath simulatie (Walters et al. 1997, 2000):

Ecosim houdt in de analyse rekening met en geeft inzicht in:

- De effecten op snel en langzaam groeiende soortgroepen.
- De effecten van ecologische pressures van zowel onder als boven in het voedselweb.

Door het uitvoeren van meerdere simulaties kan de Ecosim analyse worden gefit op gemeten biomassadata van tijdseries. Hiermee kan de kwaliteit van de modelsimulatie sterk worden verbeterd en beter aansluiten op de werkelijke ontwikkelingen in het ecosysteem. Hierbij is het belangrijk dat er voldoende monitoring wordt uitgevoerd voor alle relevante voedselgroepen (zie tabel 3-1). Het is in dit kader dus een positieve ontwikkeling dat bijvoorbeeld de zoöplankton monitoring weer structureler gaat worden opgepakt.

#### 3.3.2 Deelgebied/ruimtelijk model

Een eerdere voedselwebanalyse voor het Markermeer is uitgevoerd met Ecopath (De Haan et al. 2019). Met dit model kan ook voor deelgebieden een analyse worden gemaakt waarbij tot op zekere hoogte er rekening wordt gehouden met de uitwisseling tussen andere deelgebieden voor bijvoorbeeld vissen en vogels. Daarnaast kan er gebruik worden gemaakt van de module Ecospace, die spatiale – temporele dynamiek toevoegt aan het model (Walters et al. 1999). Voor deze module wordt het beheergebied opgedeeld in vakken (maximaal 20x20), waarover de biomassa van verschillende soorten per cel wordt verdeeld en het habitat per cel wordt gedefinieerd.

Ecospace houdt vervolgens rekening met:

- Het verplaatsen van soorten tussen aanliggende cellen, afhankelijk of dit geschikt habitat is.
- Variaties in predatierisico's of gereduceerde consumptiesnelheden, afhankelijk of het om geschikt habitat gaat.
- Visserijdruk per cel afhankelijk van hoeveel profijt kan worden geboekt (vissen aanwezig, vaarkosten etc.)
- Ruime mogelijkheden om vismigratiepatronen mee te nemen in de analyse.

Tot dusver is Ecospace vooral ingezet voor het testen van de effectiviteit van beschermingsgebieden (Walters et al. 1999). Daarnaast is het model ingezet voor het in beeld brengen van de ruimtelijke ecologische gevolgen van abiotische veranderingen als temperatuur en saliniteit (Christensen et al. 2014). Het model kan ook van nut zijn wanneer een habitat op een andere manier verandert, bijvoorbeeld wanneer er een (wadden)eiland wordt aangelegd en hierdoor een habitat in één van de cellen van het model verandert.

Het is wel van groot belang om te realiseren dat het toepassen van een ruimtelijk model, om meer inzicht te krijgen in wat de ontwikkelingen zijn binnen deelgebieden van het IJsselmeergebied, ook om extra informatie vraagt. Zijn trekpatronen van vissen en vogels bijvoorbeeld voldoende bekend? Ook informatie over habitats en welke soorten het hierbinnen goed of slecht doen is essentieel. Deze informatie kan bijvoorbeeld uit het model HABITAT worden gehaald voor waterplanten. Het toepassen van een ruimtelijk model moet dus gedragen kunnen worden door relevant onderzoek en monitoring.

Naast het toepassen van Ecospace voor een ruimtelijk model kan er voor afzonderlijke deelgebieden van het IJssel- en Markermeer een standaard Ecopath model worden toegepast. Dit model kan bijvoorbeeld worden ingezet voor een deelgebied dat zich kenmerkt door veel waterplanten. De soorten die

kenmerkend zijn voor dit habitat kunnen zo nauwgezet in het model worden meegenomen en de effecten van ingrepen of autonome veranderingen en kunnen zo beter worden getest voor het deelgebied. Hierbij is het natuurlijk wel beperkend dat in dit model de interactie met omliggende deelgebieden wegvalt. Soorten zoals vogels en vissen die een groter leefgebied hebben dan het deelgebied zijn dus hierbinnen lastiger te modelleren. Wel kan dit Ecopath deelgebiedmodel extra inzicht geven in de ontwikkeling van fytoplankton, waterplanten, macrofauna en zoöplankton die meer gebonden zijn aan een deelgebied. Het uitvoeren van een Ecopath analyse voor een deelgebied zou dus een goed startpunt zijn om te achterhalen wat voor aanvullend inzicht deze analyse verschaft en of hiervoor voldoende kennis en monitoringsdata beschikbaar is. Wanneer dit succesvol wordt uitgevoerd kan vervolgens over worden gegaan met het opschalen tot een Ecospace analyse voor het IJssel- en Markermeer.



## 4 Referenties

Campbell, R. R. & J. F. Leatherland. 1980. Estimating Body Protein and Fat from Water Content in Lesser Snow Geese. *J. Wildl. Manage.* 44: 438–446. doi:10.2307/3807975

Christensen, V., M. Coll, J. Steenbeek, J. Buszowski, D. Chagaris & C. J. Walters. 2014. Representing variable habitat quality in a spatial food web model. *Ecosystems* 17 (8):1397–412

Haan, Martin de, Niels Schoffelen & Sven Teurlincx. “Voedselweb en productiviteit van het Markermeer,” 2019.

Lantry, B. F., and R. O’Gorman. 2007. Drying Temperature Effects on Fish Dry Mass Measurement. *J. Great Lakes Res.* 33: 606–616. doi:10.3394/0380-1330(2007)33[606:DTEOFD]2.0.CO;2

Moog, O. & A. Hartmann (Eds.) (2017): *Fauna Aquatica Austriaca*, 3. Edition 2017. BMLFUW, Wien.

Rijn, S. van, 2019. Omrekening van vogelaantallen: van vluchtlessen naar gebiedsdekkende aantallen.

Shan, K., L. Li, X. Wang, Y. Wu, L. Hu, G. Yu, and L. Song. 2014. Modelling ecosystem structure and trophic interactions in a typical cyanobacterial bloom-dominated shallow Lake Dianchi, China. *Ecological Modelling* 291: 82–95. doi:10.1016/j.ecolmodel.2014.07.015

Stockwell, Jason D, & Ora E Johannsson. “Temperature-Dependent Allometric Models to Estimate Zooplankton Production in Temperate Freshwater Lakes” 54 (1997): 11.

Verdonschot P. F.M. 2020. Trofische aspecten van macroinvertebraten in het Markermeer.

Walters, C, Christensen V, Pauly D. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Reviews in Fish Biology and Fisheries.* 7:139-172.

Walters, C., D. Pauly & V. Christensen. 1999. Ecospace: prediction of mesoscale spatial patterns in trophic relationships of exploited ecosystems, with emphasis on the impacts of Marine Protected Areas. *Ecosystems* 2, 539–554.

Walters, C, Pauly D, Christensen V, Kitchell JF. 2000. Representing density dependent consequences of life history strategies in aquatic ecosystems: EcoSim II. *Ecosystems.* 3:70-83.

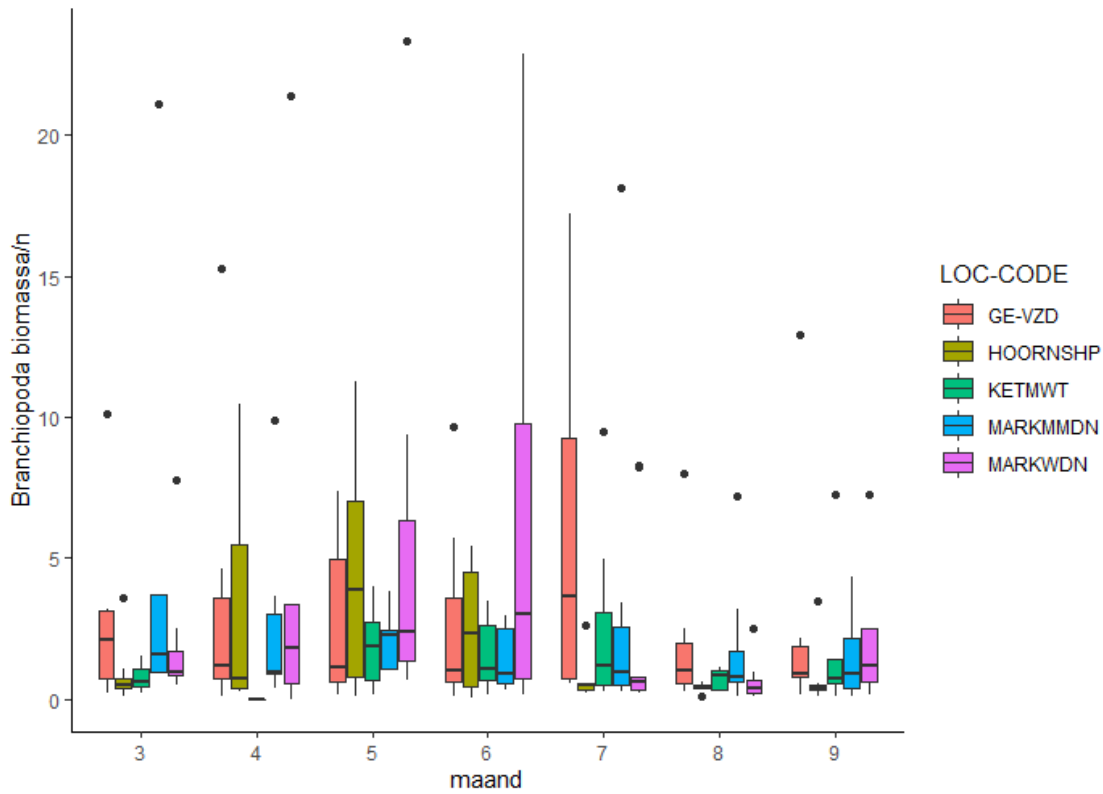
## Bijlage 1: Variatie biomassa zoöplankton in het IJsselmeergebied

Als onderdeel van de zoöplanktonmonitoring in 2019 is ook de biomassa van het zoöplankton per soort geschat op basis van de lengte van de organismen. Omdat deze gegevens ontbreken in de voorgaande monitoringsjaren, is er geëvalueerd of de biomassagegevens van 2019 kunnen worden toegepast op eerdere monitoringsrondes waar alleen de aantallen per soort zijn opgenomen. Met andere woorden: bekeken is of de lengte van de organismen waargenomen in 2019 representatief is voor eerdere jaren.

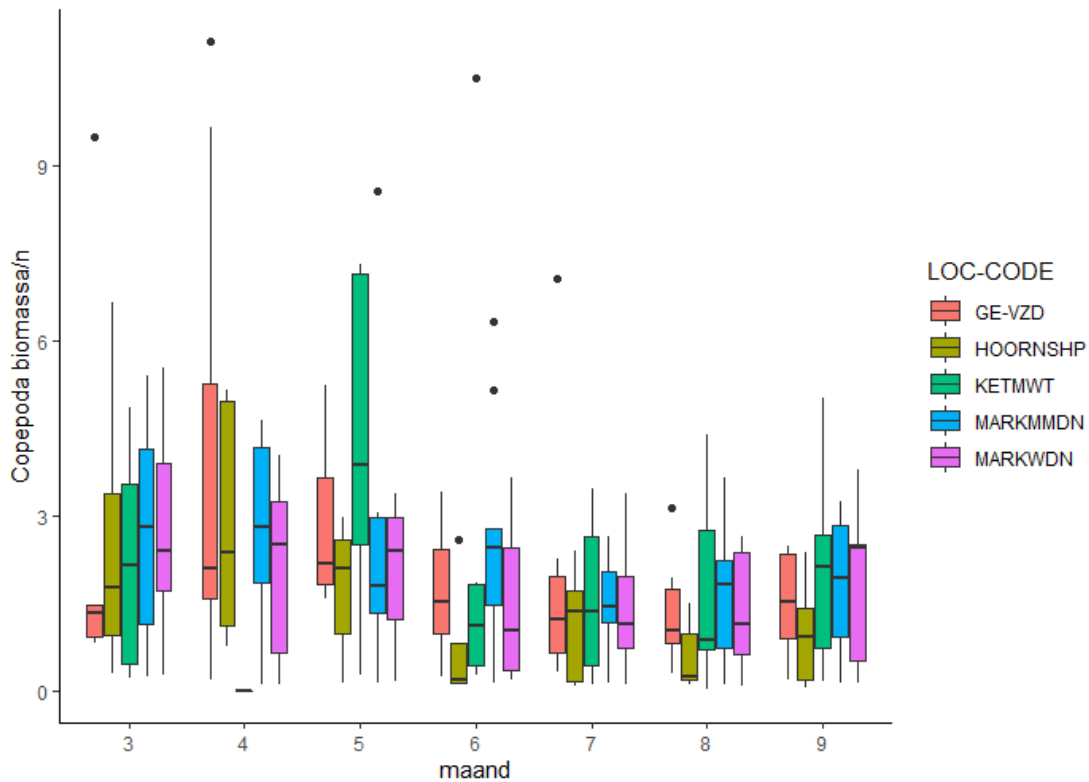
Uit onze analyse blijkt dat Branchiopoda biomassa per individu in de zomermaanden over het algemeen het hoogst is en lager in het voorjaar en aan het eind van de zomer (figuur 1). Deze verandering in biomassa per individu is op een aantal locaties ook sterker. Zo is in de Hoornse Hop (HOORNSHP) en Markerwadden (MARKWDN) deze transitie naar lagere biomassa's in het najaar sterk. Dit heeft er mogelijk mee te maken dat dit meer beschutte locaties zijn met meer waterplanten en daardoor een andere ecosysteemdynamiek dan in het open water van het Markermeer (MARKMDN). Opvallend is dat deze transitie naar lagere biomassa per individu wel in het open water van het IJsselmeer (GE-VZD) wordt aangetroffen.

Copepoda hebben juist in het voorjaar de hoogste biomassa, waarna deze in de zomermaanden afneemt (figuur 2). Onderling variëren de locaties maar beperkt in biomassa per individu.

Met deze transities in biomassa per individu op een hoger determinatieniveau kan er worden gesteld dat er duidelijke verschillen en trends zijn tussen maanden en locaties voor Branchiopoda en Copepoda. Dit zou ervoor kunnen pleiten om per locatie en maand een biomassaberekening te maken voor de meetronde 2019 en deze toe te passen voor de andere meetronden. Echter, op het niveau van soorten is te zien dat deze sterk variëren in biomassa door het jaar en per locatie en dat hier niet een duidelijke trend in is te vinden (figuur 3 en 4). Ook per soort kan het zeer verschillen of deze veel of weinig varieert in biomassa door het jaar of per locatie. Een bijkomend probleem is dat het aantal metingen per locatie per maand beperkt is en dat niet alle soorten iedere maand worden aangetroffen. Hierdoor blijven er gaten in de 2019 dataset die alleen door interpolatie tussen maanden kunnen worden opgelost. Met het inzetten van de biomassadata van 2019 om zoöplanktondata van eerdere meetronden te analyseren zou een grote onzekerheid worden geïntroduceerd. Om deze redenen is besloten de biomassa-analyse te beperken tot alleen de data van 2019.



Figuur 1: Biomassa Branchiopoda in µg/n (n = individu).



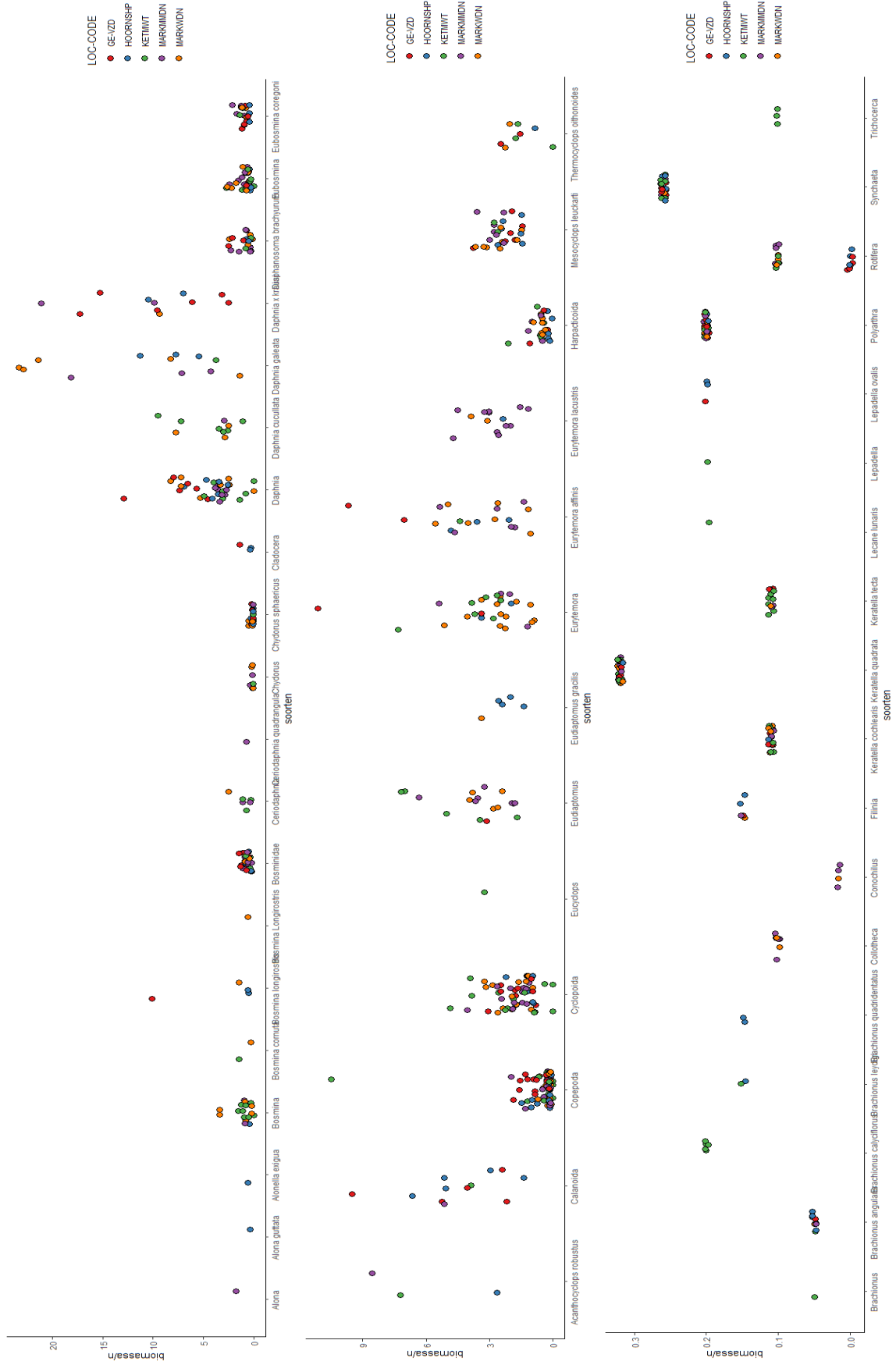
Figuur 2: Biomassa Copepoda in µg/n (n = individu).

Volgende pagina: figuur 3: Biomassavariatie per soort en maand.

Figuren van links naar rechts: Branchiopoda, Copepoda, Rotifera. Biomassa in  $\mu\text{g/n}$  (n = individu).



Volgende pagina: figuur 4: Biomassavariatie per soort en meetlocatie  
Figuren van links naar rechts: Branchiopoda, Copepoda, Rotifera. biomassa in  $\mu\text{g}/\text{n}$ .



## Bijlage 2 Zoöplanktonsoorten IJsselmeergebied en indeling in functionele groepen

De volgende zoöplanktonsoorten zijn in de monitoring van 2019 in het IJsselmeergebied aangetroffen en ingedeeld in functionele voedingsgroepen.

soortnaam	functionele voedingsgroepen
Acanthocyclops robustus robustus	AFIL, PRE
Alona	AFIL
Alona guttata	GRA, AFIL
Alonella exigua	AFIL
Bosmina	GRA
Bosmina	GRA
Bosmina (Bosmina) longirostris	GRA
Bosmina	GRA
Bosminidae	GRA
Brachionus	AFIL
Brachionus angularis	AFIL
Brachionus calyciflorus	AFIL
Brachionus leydigii	AFIL
Brachionus quadridentatus	AFIL
Calanoida	AFIL, PRE
Ceriodaphnia	AFIL
Ceriodaphnia quadrangula	AFIL
Chydorus	AFIL
Chydorus sphaericus	AFIL
Cladocera	AFIL
Collotheca	AFIL
Conochilus	AFIL
Copepoda	AFIL, PRE
Cyclopoida	AFIL, PRE
Daphnia	AFIL
Daphnia cucullata	AFIL
Daphnia galeata	AFIL



Daphnia x krausi	AFIL
Diaphanosoma brachyurum	AFIL
Bosmina (Eubosmina)	AFIL
Bosmina (Eubosmina) coregoni	AFIL
Eucyclops	GRA, DET, PRE
Eudiaptomus	AFIL
Eudiaptomus gracilis	AFIL
Eurytemora	GRA, DET, PRE
Eurytemora affinis affinis	GRA, DET, PRE
Eurytemora lacustris	GRA, DET, PRE
Filinia	AFIL
Harpacticoida	DET, OTH
Keratella cochlearis	AFIL
Keratella quadrata	AFIL
Keratella tecta	AFIL
Lecane lunaris	AFIL
Lepadella	AFIL
Lepadella ovalis	AFIL
Mesocyclops leuckarti leuckarti	GRA, AFIL, DET, PRE
Polyarthra	AFIL
Rotifera	AFIL
Synchaeta	AFIL
Thermocyclops oithonoides	GRA, AFIL, DET, PRE
Trichocerca	AFIL

functionele voedingsgroepen	afkorting	voedselbronnen
Shredders	SHR	Gevallen bladeren, plantmateriaal en CPOM*
Grazers Scrapers, raspers )*	GRA	Endo en epitheel algenmateriaal, biofilm, POM*, beperkt materiaal van levende planten.
Actieve filteraars	AFIL	Actief filteren van FPOM* uit de waterkolom.
Passieve filteraars	PFIL	Materiaal dat bereikbaar is door waterstroming
Dedritus voeders	DET	Sediment/ FPOM*
Bald borers, mijners	MIN	Bladeren van aquatische planten, algen en cellen van aquatische planten.
Xylophagous	XYL	Hout materiaal
Predators	PRE	Actief selecteren van prooien en aggregaten van organisch materiaal
Parasiteren	PAR	Gastheer
Ominvoren en overige	OTH	Omnivoor, divers

CPOM: grof particulated organisch materiaal, POM: particulated organisch materiaal, FPOM: fijn particulated organisch materiaal. Moog, O. & A. Hartmann (Eds.) (2017): Fauna Aquatica Austriaca, 3. Edition 2017. BMLFUW, Wien. <https://www.ecoprof.at/index.php/faunaaquaticaaustriaca.html>