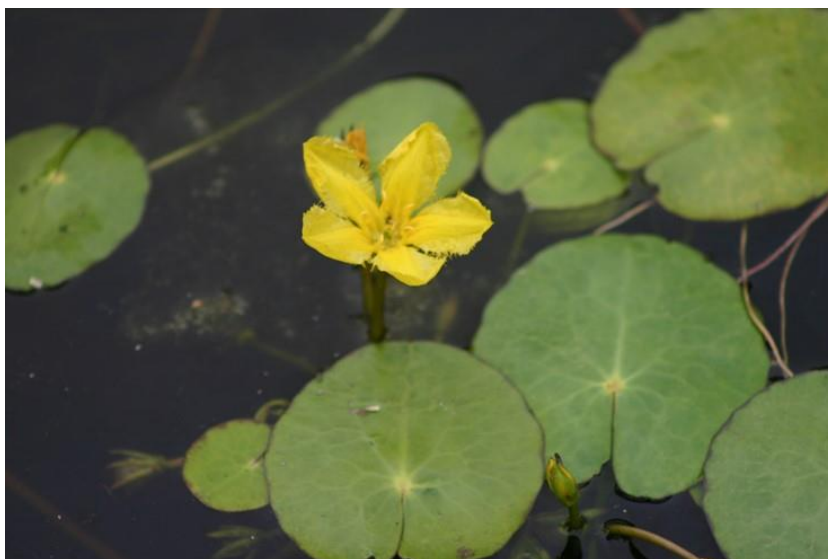


## NOTITIE KIWK

### **Maatregелеffectiviteit meerherstel**

Algenrespons op nutriënten-reductie in de Leijen

---



Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Harry Boonstra en Piet Verdonschot

**Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research**

November 2020

---

**Auteurs**

Gea van der Lee, Ralf Verdonschot, Harry Boonstra en Piet Verdonschot (*correspondentie: [gea.vanderlee@wur.nl](mailto:gea.vanderlee@wur.nl)*)

**Opdrachtgever**

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) – Wetterskip Fryslân

**Projectgroep**

Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit

**Wijze van citeren**

van der Lee G.H., Verdonschot R.C.M., Boonstra, H. en Verdonschot P.F.M. (2020). Maatregelleffectiviteit meerherstel: Algenrespons op nutriënten-reductie in de Leijen. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 13 pp.

**Trefwoorden**

Leijen, algen, meerherstel

**Beeldmateriaal**

Piet Verdonschot

DOI: <https://doi.org/10.18174/534941>

ISBN: 978-94-6395-615-4

Dit project is uitgevoerd in opdracht van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK).

© 2020 Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Inhoud

Inhoud	1
Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methoden	4
2.1 Metingen	4
2.2 Taxonomische afstemming	4
2.3 Data-analyse	4
3 Resultaten	6
3.1 Algen	6
4 Conclusies	8
5 Literatuur	9
6 Supplement	10

## **Samenvatting**

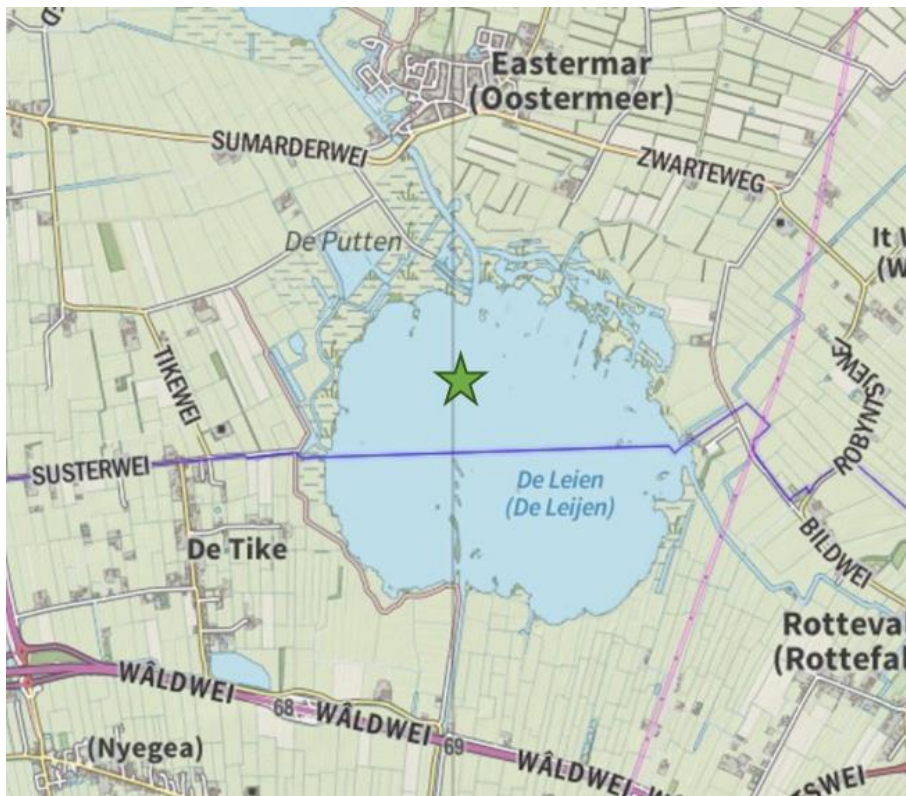
Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende organismengroepen. In dit document wordt de effectiviteit van een pakket van nutriënt reducerende maatregelen op de algenrespons in de Leijen geanalyseerd. Er kan worden geconcludeerd dat er een afname in algensoorten die indicatief zijn voor voedselrijke omstandigheden, maar dat de vermindering in eutrofiering waarschijnlijk al ruim voor de start van de eerste herstelmaatregelen is begonnen.

# 1 Inleiding

Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende organismegroepen. In dit document wordt de effectiviteit van een pakket van nutriënt reducerende maatregelen op de algenrespons in de Leijen geanalyseerd.

De Leijen is een boezemmeer van 0,11 km<sup>2</sup> ontstaan door veenaafgraving en heeft een gemiddelde diepte van 1,43 m (KRW watertype M14; Figuur 1). Dit boezemmeer wordt gevoed door boezemwater dat uit verschillende fracties bestaat (Supplement 1 Figuur S1). De bodem bestaat uit zand en veen, met kale oevers in de golfslagzone. Tussen 2003 en 2006 zijn zeer diverse maatregelen uitgevoerd in het kader van het NOLIMP project. Deze maatregelen bestonden uit:

- de aanleg van een zuiveringsmoeras in de polder,
- het verminderen van riooloverstorten,
- het wegvangen van brasem (Supplement 1 Figuur S2),
- het uitzetten van *Potamogeton* en substraat voor driehoeksmosselen.



**Figuur 1:** Kaart van de Leijen ([www.opentopo.nl](http://www.opentopo.nl)). Het algen monsterpunt met lange tijdsreeksen is aangegeven met een groene ster.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Metingen

De fytoplankton is sinds 1993 op 1 locatie in het oppervlaktewater bemonsterd (Figuur 1; Tabel 1). Direct na het uitvoeren van de maatregelen tussen 2007 en 2009 zijn geen monsters beschikbaar. Per jaar zijn er 3-7 monsters genomen tussen april en november en een beperkt aantal in de overige maanden. Voor de vergelijkbaarheid zijn in deze analyse alleen de monsters tussen april en november meegenomen. Tot 2007 werd de soortensamenstelling bepaald door het tellen van 200 soorten in een druppel. Na 2007 zijn de resultaten geanalyseerd in een cuvet en weergegeven als waarneming per ml.

**Tabel 1:** *Overzicht van de algenmonsterlocaties.*

<b>Naam</b>	<b>Code</b>	<b>Coördinaten</b>	<b>Metingen (april-november)</b>
De Leijen	I0045owo	52.95049, 5.86407	1993, 1995-2002, 2004-2006, 2010-2019

### 2.2 Taxonomische afstemming

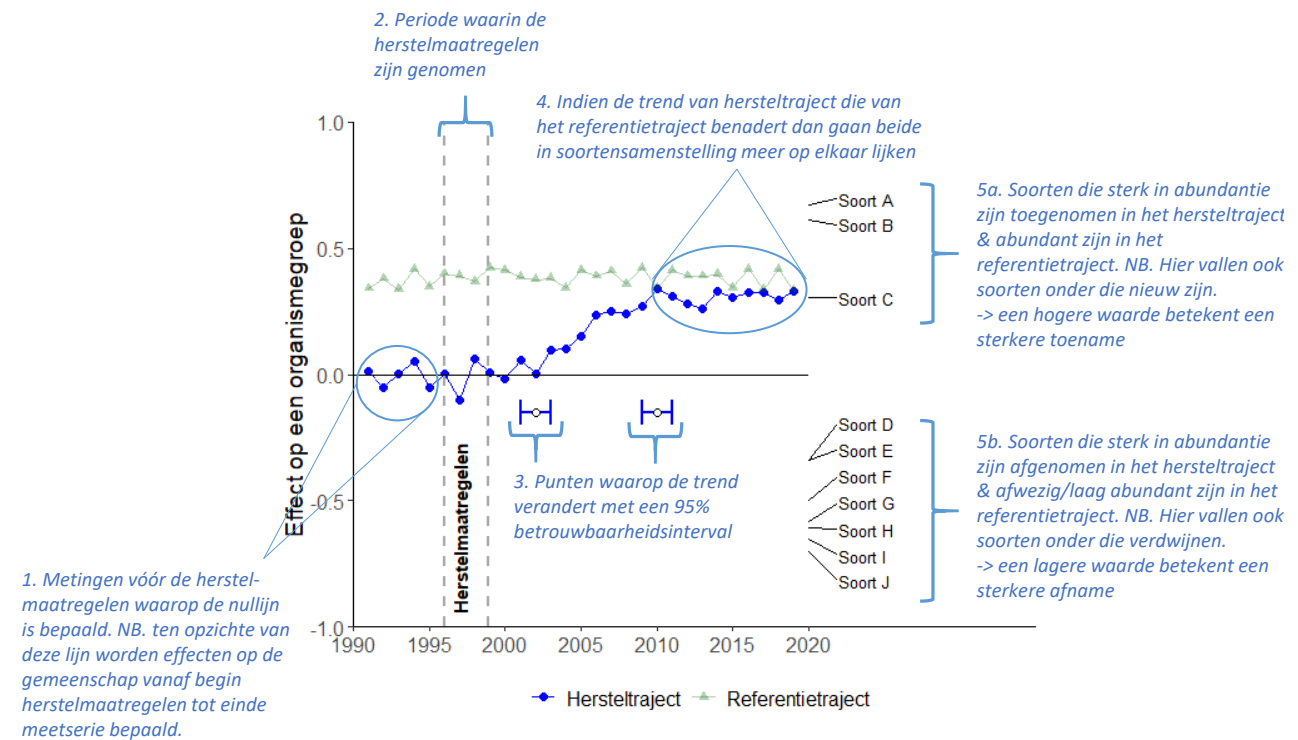
Determinaties zijn uitgevoerd tot het taxonomisch niveau gevraagd in het betreffend project waardoor taxonomische afstemming voor deze analyse noodzakelijk was. Voor de analyse is de oorspronkelijke algendata taxonomisch op elkaar afgestemd op basis van frequentie van voorkomen in de monsters en totale abundantie. Alle taxa gedetermineerd tot op een hoger taxonomisch niveau dan genus zijn verwijderd en alle variëteiten zijn op soortniveau meegenomen. Voor de analyse is de oorspronkelijke algendata taxonomisch op elkaar afgestemd op basis van frequentie van voorkomen in de monsters en totale abundantie. Indien een genus op een paar uitzonderingen na was gedetermineerd tot op soortniveau, is het genus verwijderd en zijn de soorten gehandhaafd. Indien de frequentie waarmee het genus voorkomt echter hoog was, is de data geaggregeerd op genusniveau.

### 2.3 Data-analyse

De abundantie is eerst gestandaardiseerd naar relatief aandeel per monster en vervolgens is het gemiddelde per jaar berekend. De relatieve abundantie is daarna  $\log_{10}(x+1)$  getransformeerd om het effect van hoge dichtheden te verminderen en de rol van laag-abundante soorten te vergroten. De data is geanalyseerd volgens de 'Principal Response Curve (PRC)' methode (Van den Brink & ter Braak, 1999; zie Box 1 voor uitgebreide uitleg). Deze methode biedt de mogelijkheid om veranderingen in de gemeenschap bij verschillende maatregelen (zogenoemde 'treatments') uit te zetten tegen de tijd. Dit resulteert in een grafiek met de tijd op de x-as en de verandering in de gemeenschap (zogenoemde 'canonical coefficient  $C_{dt}$ ') ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap voor de uitvoering van de herstelmaatregelen in de periode 1993-2002 op de y-as. Vervolgens is een 'change point analysis' gebruikt om aan te geven wanneer (met een 95% betrouwbaarheidsinterval) een eventuele verandering in de trend over tijd heeft plaatsgevonden (Zeileis et al., 2003). Het optimale aantal breekpunten wordt automatisch bepaald op basis van de resterende som van de kwadraten.

Ieder taxon heeft een gewicht (zogenoemde 'species weight  $b_k$ ') gekregen, wat aangeeft in welke mate het taxon het patroon van de respons volgt. Taxa met een positief gewicht volgen de verandering, taxa met een negatief gewicht vertonen een tegenovergestelde respons en taxa met een gewicht van bijna nul vertonen geen respons of een respons die niet gerelateerd is aan het patroon dat in het diagram wordt getoond. Voor fytoplankton hebben we deze score vergeleken met de indicatiewaarden van bloeitypes zoals beschreven in de KRW maatlatten om inzicht te krijgen in de respons van de algen op vermindering van de belasting met nutriënten (Altenburg et al., 2018). Alle analyses zijn gedaan in R (versie 3.6.3) met softwarepakketten *vegan* (Oksanen et al., 2019) en *strucchange* (Zeileis et al., 2002).

Box 1: Uitleg bij de grafiek van de 'Principal Response Curve' (PRC) analyse



De bovenstaande figuur laat een hypothetisch voorbeeld zien van de uitkomst van de 'Principal Response Curve' analyse waarmee de resultaten grafisch inzichtelijk worden gemaakt. Het voorbeeld volgt een zogenaamd BACI-ontwerp met jaarlijkse metingen vóór (Before) en ná (After) het nemen van de herstelmaatregelen in een referentietraject met de gewenste situatie (dit wordt de Control, genoemd en kan bijvoorbeeld een natuurgebied bovenstrooms zijn) en met jaarlijkse metingen vóór (Before) en ná (After) in het hersteltraject, het traject waar de maatregelen zijn genomen (Impact). In plaats van een referentietraject kan de Control ook bestaan uit een traject dat vergelijkbaar is met het hersteltraject, maar waar geen maatregelen zijn genomen. In dat geval zou de lijn rond de nullijn moeten lopen omdat die situatie bijna gelijk is aan die in het hersteltraject voor het nemen van de maatregelen.

In de grafiek staat tijd op de x-as en de (eventuele) verandering in de gemeenschap (zogenoemde 'canonical coefficient  $C_{dt}$ ') op de y-as. De verandering in de gemeenschap wordt uitgezet tegen de mediaan van de gemeenschap vóór de herstelmaatregelen, de zogehete nullijn (het traject aangeduid door tekstblok 1). Om deze nullijn goed te definiëren is het belangrijk dat er voldoende meetjaren beschikbaar zijn. De periode waarin de herstelmaatregelen zijn genomen wordt in de grafiek aangegeven met twee verticale grijze stippellijnen, in dit geval tussen 1996 en 1999 (aangeduid met tekstblok 2). In dit voorbeeld hebben de maatregelen een effect gehad op de samenstelling van de gemeenschap, aangezien de  $C_{dt}$  score van het hersteltraject van de nullijn gaat afbewegen na de uitvoering van het herstel. Dit betekent hoe hoger de  $C_{dt}$  score wordt des te groter is het effect van de maatregel(en). Als er geen verandering optreedt dan blijft de  $C_{dt}$  score van het hersteltraject rondt de nullijn schommelen. Indien er voldoende data beschikbaar is (minimaal 10 meetjaren), kan met een zogenaamde 'change-point analysis' worden aangegeven of en wanneer verandering in de trend heeft plaatsgevonden (aangeduid met tekstblok 3). In het bovenstaande voorbeeld laten deze punten met het 95% betrouwbaarheidsinterval (de horizontale blauwe lijnstukken) zien dat de gemeenschap tussen 2002 en 2010 is veranderd. We zien ook dat de lijn van het hersteltraject de lijn van het referentietraject gaat benaderen (aangeduid met tekstblok 4). Dit betekent dat de herstelmaatregelen een positief effect hebben gehad op deze gemeenschap. Aan de rechterkant van de grafiek is af te lezen welke soorten het sterkst aan deze verandering hebben bijgedragen (zogenoemde 'species weight  $b_k$ '). Soorten die zijn toegenomen in het hersteltraject en abundant zijn in het referentietraject hebben een positieve score (aangeduid met tekstblok 5a) en soorten die zijn afgenomen in het hersteltraject en minder abundant/afwezig zijn in het referentietraject hebben een negatieve score (aangeduid met tekstblok 5b).

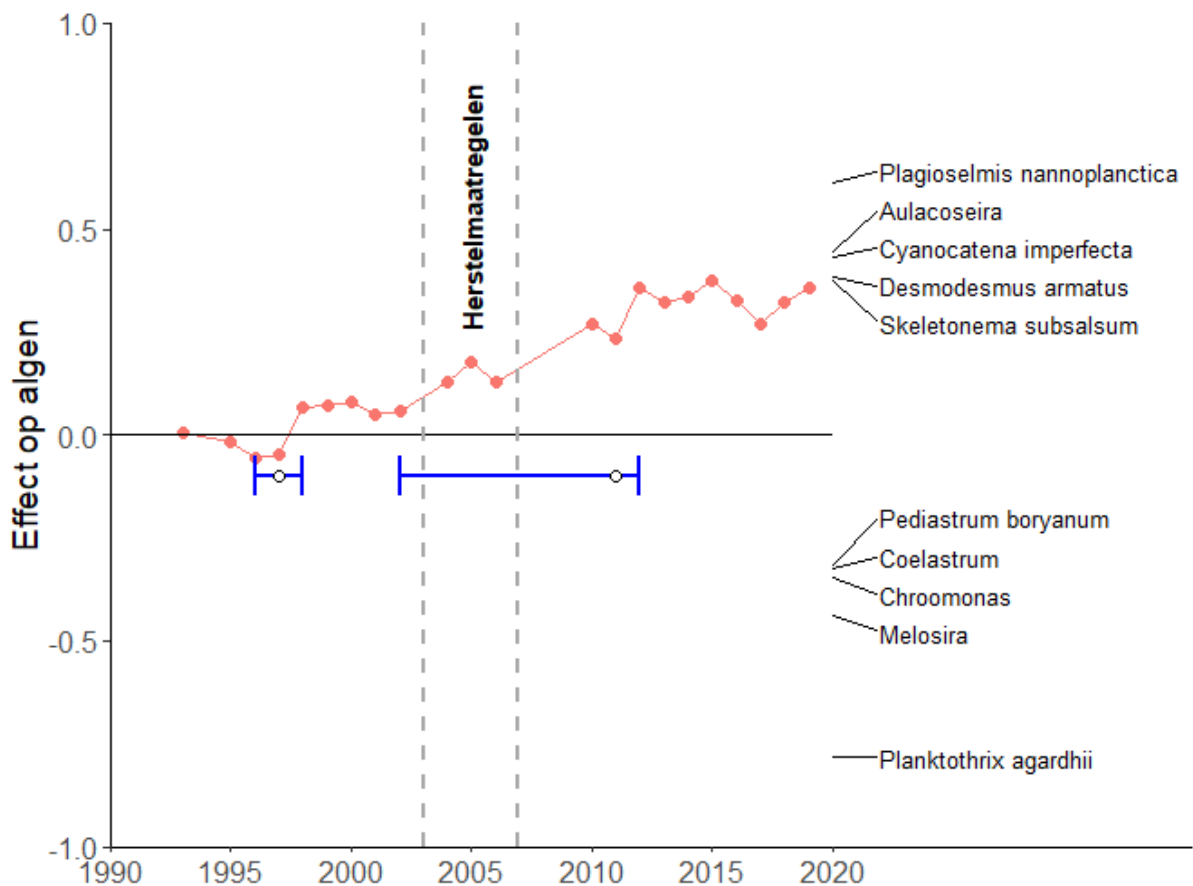
De analyse kan in principe ook worden gedaan met alleen een BA- of CI-ontwerp. Bij een BA-ontwerp is het echter niet uit te sluiten of de veranderingen door de herstelmaatregelen worden veroorzaakt of in het hele gebied hebben plaatsgevonden. Bij een CI design moet de nullijn worden bepaald op basis van de mediaan van de Control (de waarnemingen in het referentie- of controletraject). Als de Control in milieu-omstandigheden (typologisch) niet goed vergelijkbaar is met de situatie in het herstel van voor de maatregelen dan zullen alleen deze verschillen worden weergegeven in de grafiek. Ook is niet uit te sluiten dat de veranderingen al voor de herstelmaatregelen waren begonnen.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Algen

De algengemeenschap laat tweemaal een verandering in de trend zien (Figuur 2). Er heeft een sterke verandering in de gemeenschap plaatsgevonden tussen 1997 (95% betrouwbaarheidsinterval tussen 1996-1998) en 2011 (95% betrouwbaarheidsinterval tussen 2002 – 2012). Dit zou betekenen dat de verandering al voor de herstelmaatregelen is begonnen. Vanaf 2012 lijkt de algengemeenschap stabiel (helling is rond de 0).

Deze verandering is voornamelijk gerelateerd aan een vermindering in de relatieve abundantie van 'negatieve' blauwalgsoort *Planktothrix agardhii* (Tabel 2). Sinds 2012 is de relatieve abundantie van *Planktothrix agardhii* niet hoger dan 10% geweest (Figuur 3A). Verschillende taxa zijn toegenomen in relatieve abundantie, die behalve *Desmodesmus armatus*, een EKR score van 0.4 tot 0.6 hebben (Tabel 2; Figuur 3B).

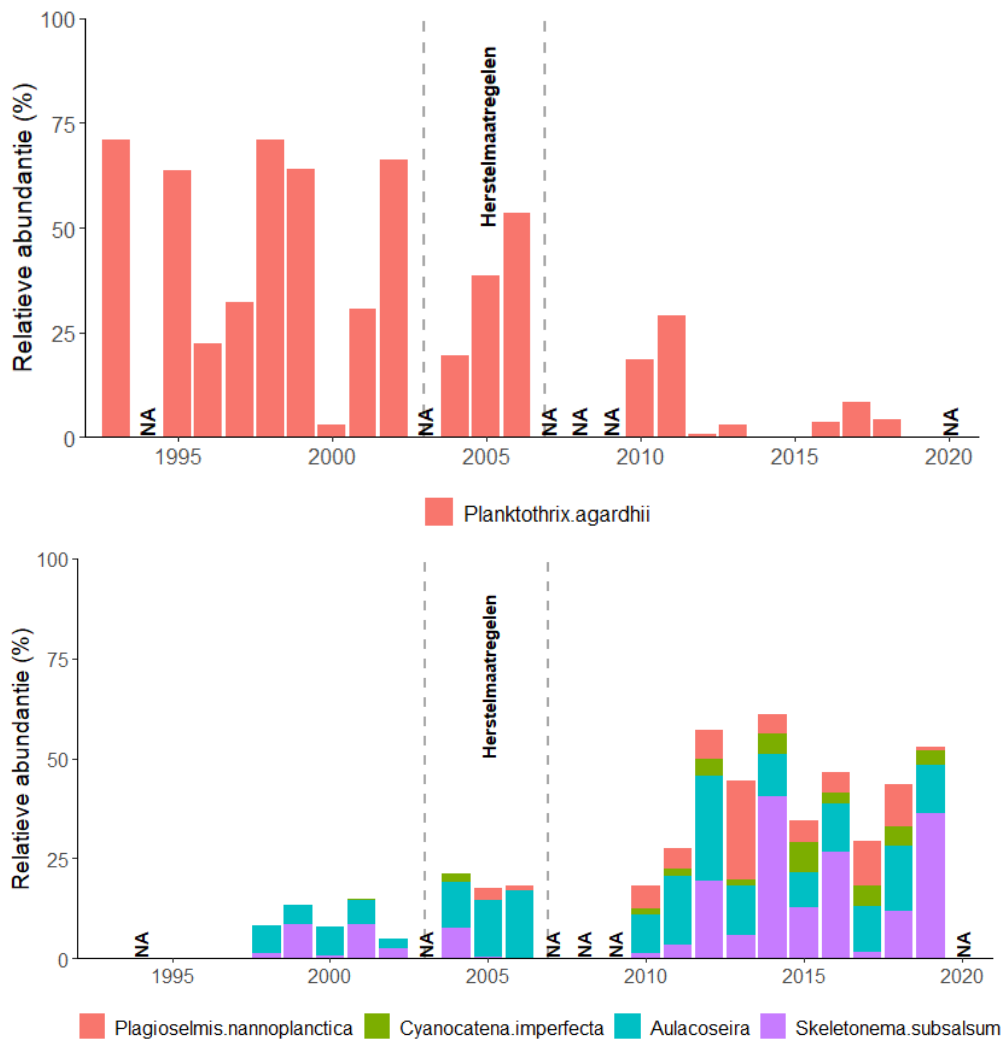


**Figuur 2:** Verandering in de algengemeenschap in het Nanneviid ten opzichte van de mediaan van de gemeenschap in de toestand voorafgaand aan het nemen van de herstelmaatregelen in de periode 2003-2006 en gepresenteerd volgens de zogeheten Principal Response Curve. De blauwe foutbalk geeft de 95% betrouwbaarheidsinterval van een relevante verandering in de trend weer. De soortgewichten in het rechterdeel van het diagram vertegenwoordigen de affiniteit van elk taxon met de respons weergegeven in het diagram. Voor de duidelijkheid zijn alleen de afnemende taxa met een gewicht <-0.4 en de toenemende taxa met een gewicht >0.4 weergegeven en zijn de waarden geschaald.



**Tabel 2:** Overzicht van taxa die het sterkst zijn gerelateerd aan de PRC van figuur 2 (gewicht < -0.4 of > 0.4). Voor het fytoplankton is de indicatiewaarde (EKR score) van de bloeitypes zoals beschreven in de KRW maatlatten weergegeven (Altenburg et al., 2018). N.v.t. betekent dat er voor dit taxa geen score beschikbaar is.

Taxonnaam	Soort gewicht $b_k$	EKR score bloei
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	0.81	0.4 kleine Cryptophyceae
<i>Aulacoseira</i>	0.59	0.5/0.6 afhankelijk van taxa
<i>Cyanocatena imperfecta</i>	0.58	0.5
<i>Desmodesmus armatus</i>	0.51	0.2
<i>Skeletonema subsalsum</i>	0.50	0.4
<i>Pediastrum boryanum</i>	-0.42	n.v.t.
<i>Coelastrum</i>	-0.43	n.v.t.
<i>Chroomonas</i>	-0.46	0.4 kleine Cryptophyceae
<i>Melosira</i>	-0.59	n.v.t.
<i>Planktothrix agardhii</i>	-1.04	0.1 (hevig)-0.3 (matig)



**Figuur 3:** Relatieve abundantie van de taxa met de grootste verandering in de Leijen over tijd met A) afname van negatief scorende taxa en B) toename van positief scorende taxa. NA betekent dat er dat jaar geen data beschikbaar is.

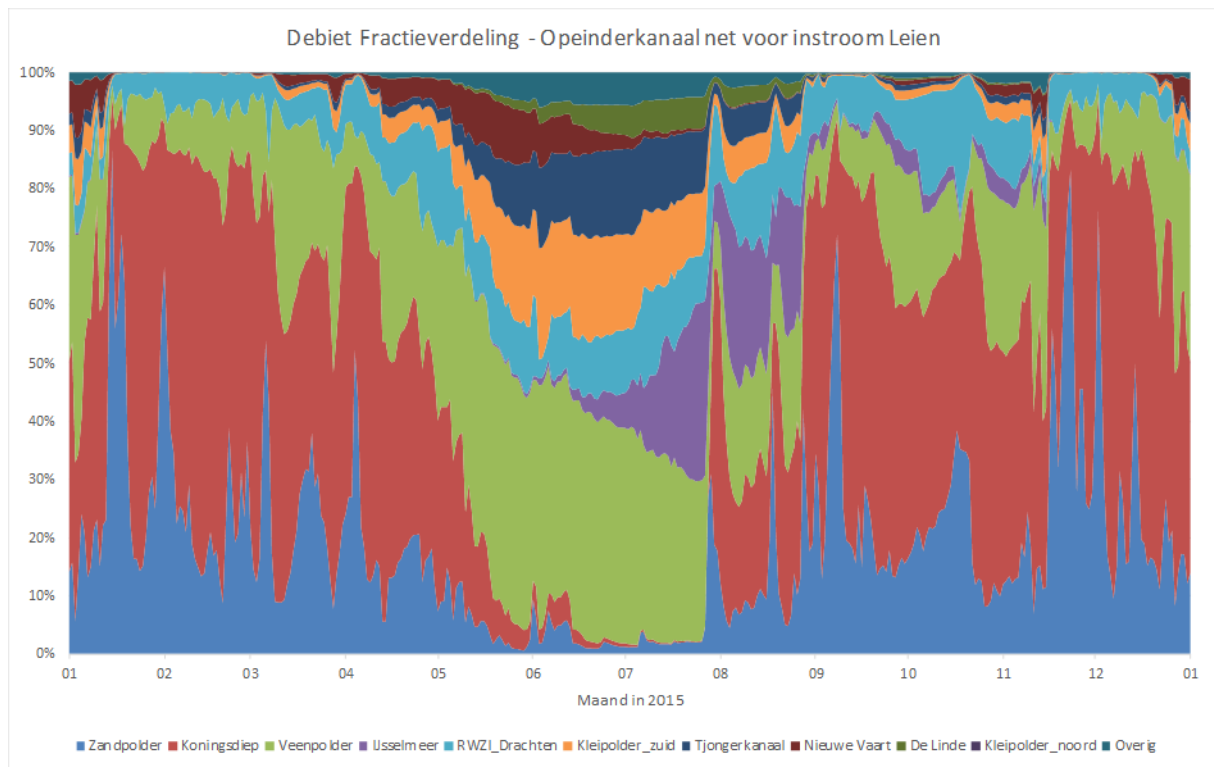
## 4 Conclusies

De algengemeenschap laat zien dat de vermindering in eutrofiering waarschijnlijk al rond 1997 is begonnen. Dit is ruim voor de start van de eerste herstelmaatregelen en komt overeen met een afname in nutriënten (zie Supplement Figuur S3). Blauwalgsoort *Planktothrix agardhii* met een lage EKR score (indicatief voor voedselrijke omstandigheden) is afgenomen in relatieve abundantie en verschillende taxa met een hogere EKR score zijn toegenomen (indicatief voor minder voedselrijke omstandigheden). Vanaf 2012 lijkt de algengemeenschap stabiel en zijn geen extreme *Planktothrix agardhii* bloei(en) meer waargenomen (relatieve abundantie < 10%). Door een vergelijking te maken met de lange termijn data van de fytoplankton in andere boezemmeren in het beheersgebied, zal te duiden zijn in hoeverre de maatregelen hebben bijgedragen aan de verandering t.o.v. de algemene verandering in het beheersgebied waar we zien dat de fosforbelasting ook autonoom is teruggelopen.

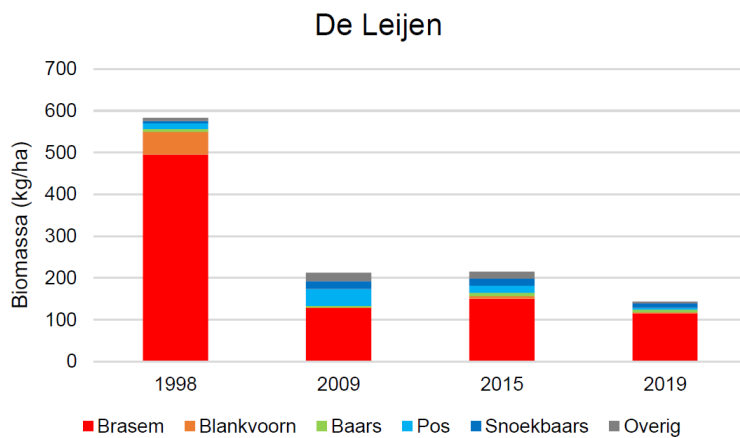
## 5 Literatuur

- Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J. G., van den Berg, M. S., van den Broek Broek, T., Buskens, R., ... & Evers, C. H. M. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*. STOWA.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson G. L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2019). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Van den Brink, P. J., & Braak, C. J. T. (1999). Principal response curves: Analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, *18*(2), 138-148.
- Zeileis, A., Kleiber, C., Kraemer, W., & Hornik, K. (2003). Testing and Dating of Structural Changes in Practice. *Computational Statistics & Data Analysis*, *44*, 109-123.
- Zeileis, A., Leisch, F., Hornik, K., & Kleiber, C. (2002). Strucchange: An r package for testing for structural change in linear regression models. *Journal of statistical software*, *7*(2), 1-38.

## 6 Supplement

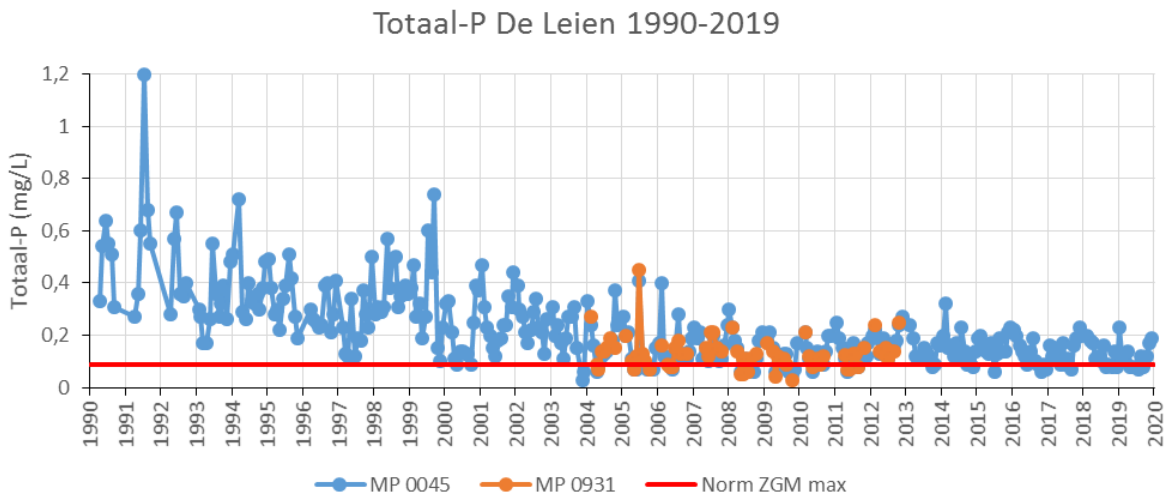


**Figuur S1:** Fractieplaatjes van samenstelling inlaatwater vanuit Opeinderkanaal net voor instroom Leijen.

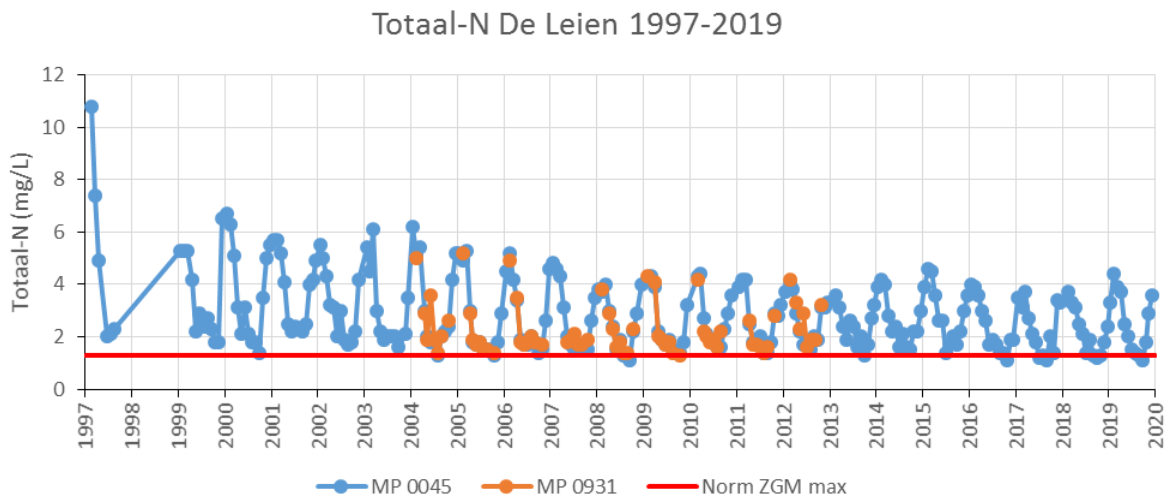


**Figuur S2:** Overzicht van geraamde visbestanden in 1998, 2009, 2015 en 2019 in de Leijen.

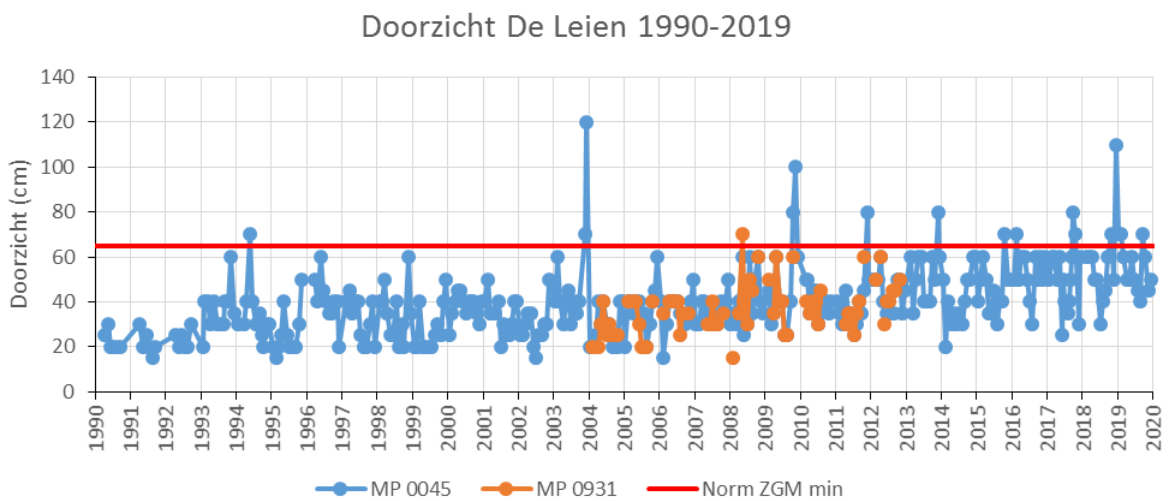
A



B



C



**Figuur S3:** Verloop van de nutriëntengehaltes en doorzicht van 1990-2020 met A) Totaal-P, B) totaal-N en C) doorzicht in de Leijen. Norm doorzicht is voor M14 wateren aangepast door WF op 65 cm.