

Watersysteemanalyse Binnenschelde



Waterschap Brabantse Delta

Hanneke Maandag

Versie 15 september 2021

Begeleiding en review: Guido Waajen

Inhoud

1. Inleiding	4
2. KRW	5
Doelen en scores KRW	5
Doelaanpassing 2020	5
Ontwikkeling EKR waarden (M14)	6
KRW-Maatregelen	7
3. Inlaatdebiet	8
Inlaat per maand	8
Maximale inlaatdebiet	9
4. Fosfor	10
Fosfor (TP) Binnenschelde	10
Orthofosfaat	11
Invloed vanuit Zoommeer/inlaatwater	13
Invloed vanuit waterbodembodem	15
5. ChIA	17
Binnenschelde	17
Zoommeer/inlaatwater	18
pH	19
Temperatuur	20
6. Chloride	22
7. Onopgeloste stoffen	24
8. Temperatuur/klimaatontwikkeling	26
9. Vis	28
Visstand 2020 (Monitoring ATKb)	28
Gewenste visstand	29
Ontwikkeling visstand	30
Visstand in relatie tot totaal fosfor (TP)	32
Invloed vanuit het Zoommeer	33
10. Mosselen	34
11. Vegetatie	37
KRW-doelstelling en KRW-score	37
Vlakdekkende opname 2019	37
Historische ondergedoken vegetatie bedekking	39
12. Analyse Ecologische sleutelfactoren	40
ESF 1 Productiviteit Water	40
Externe belasting	40
Interne belasting	40
Totale P belasting versus kritische belasting	41
Herkomst externe fosforbelasting	42
ESF 2 Lichtklimaat	43
Waterdiepte	44
ESF 3 Productiviteit Bodem	44

ESF 4 Habitatgeschiktheid	45
ESF 5 Verwijdering	46
ESF 6 Verspreiding	46
ESF 7 Organische Belasting	47
ESF 8 Toxiciteit	47
ESF 9 Context	47
13. Maatregelen	48
Mogelijke maatregelen ESF 1 Productiviteit Water	48
Belasting verlagen	48
Kritische belasting verhogen/draagkracht verhogen	52
Omslag bevorderen	54
Mogelijke maatregelen ESF 2 Lichtklimaat	56
Mogelijke maatregelen ESF 4 habitatgeschiktheid	56
Mogelijke maatregelen ESF 6 verspreiding	56
Mogelijke maatregelen ESF 8 toxiciteit	57
Mogelijke maatregelen ESF 9 context	57
14. Samenvatting en advies	58
Advies maatregelen	60
Verwacht resultaat	63
Advies doelaanpassing KRW	64
Monitoring	64
Aanvullend advies	64
15. Literatuur	65
Bijlage 1: Meetpunten	67
Bijlage 2: debieten en fosfor belasting	68

1. Inleiding

In 2016 is door Witteveen en Bos een uitgebreide watersysteemanalyse uitgevoerd voor het KRW-waterlichaam de Binnenschelde. Inmiddels zijn we 6 jaar verder en zijn er dus weer nieuwe data en ook nieuwe tools beschikbaar. Dit rapport is een aanvullende update van de watersysteemanalyse gebaseerd op de watersysteemanalyse van Witteveen en Bos. Met een update van de gegevens en aanvullende analyse volgens de ESF-methodiek van de Stowa.

De Binnenschelde is een KRW-waterlichaam en heeft een zwemwaterfunctie, met 2 badzones. Daarnaast vindt veel watergebonden recreaties plaats zoals varen, vissen en wandelen.

Het doel van dit rapport is het bieden van een gedegen analyse en onderbouwing voor te nemen maatregelen voor de volgende doelen:

- KRW doelen
- Zwemwaterdoelen
 - o Overlast blauwalgen structureel beperken

In het rapport wordt eerst een algemene omschrijving gegeven van het waterlichaam, zoals de stand van zaken ten aanzien van de KRW, verschillende fysische en chemische parameters en de biologie. In hoofdstuk 12 wordt het systeem geanalyseerd aan de hand van de Ecologische Sleutelfactoren (ESF's) van de Stowa. In hoofdstuk 12 worden de mogelijk maatregelen onderzocht per ESF. Tenslotte wordt een samenvatting gegeven en een advies voor een reeel maatregelenpakket met een inschatting van het te verwachten effect en aanvullende adviezen

2. KRW

Doelen en scores KRW

In 2020 is de KRW-score weer bepaald aan de hand van data uit 2017 en zijn de doelen aangepast (M. Beers, J. Brouwers & J. Touwen, 2020) zodat ze nu realistisch en haalbaar zijn (zie paragraaf doelaanpassing).

Vis en fytoplankton (algen) scoren ontoereikend. Macrofauna en overige waterflora (water- en oeverplanten) scoren matig (figuur 1).

De algemeen fysische chemie scoort slecht wat betreft zoutgehalte en doorzicht, ontoereikend voor stikstof en pH, matig voor fosfor en temperatuur. Alleen zuurstof scoort goed (figuur 1).

De stoffen ammonium en esfenvaleraat overschrijden de norm, waarbij esfenvaleraat een geprojecteerde stof is (KRW-factsheets, 2021-01-11).

Figuur 1: KRW doelen en score 2017 (KRW-factsheets, 2021-01-11)

Biologie	GEP	2017
Macrofauna	≥ 0,45	
Overige waterflora	≥ 0,55	
Vis	≥ 0,40	
Fytoplanton	≥ 0,60	

Algemeen fysische chemie		2017
Fosfor totaal	≤ 0,09 mgP/l	
Stikstof totaal	≤ 1,30 mgN/l	
Zoutgehalte	≤ 200 mgCl/l	
Temperatuur	≤ 25°C	
Zuurgraad	5,5-8,5	
Zuurstofverzadiging	60-120	
Doorzicht	≥ 0,90	

Doelaanpassing 2020

Tot 2020 was het doel M30 (zwak brak). In 2020 zijn de doelen heroverwogen en is gekozen voor het doel M14, ondiepe (matig grote) gebufferde plas. Het zoutgehalte is voor M30 laag en constant en de flora en fauna passen overwegend bij zoete ecosystemen. Mede omdat eveneens het Volkerak-Zoommeer als zoet KRW-type is ingedeeld en voorlopig ook zoet blijft is gekozen voor een zoete doelstelling (M. Beers, J. Brouwers & J. Touwen, 2020)

In 2020 zijn ook de Ecologische Kwaliteits Ratio (EKR) doelen aangepast op basis van de KRW verkenner (figuur 2). Er is uitgegaan van de huidige EKR (2017) met daarbij opgeteld de effecten van de nog te nemen maatregelen (M. Beers, E. Langbroek, L. Santbergen & G. Waajen, 2020):

- Reductie fosforbelasting met 15% door verminderen inlaat
- Actief biologisch beheer (wegvangen bodemwoelende vis en uitzet snoek)
- Aanvullende maatregelen (seizoensgebonden peilfluctuatie, optimaal beheer paai- en opgroeigebied en van het overwinteringsgebied voor snoek)
- Tandje erbij+ maatregelen
 - o Phoslock toediening zodat P daalt naar 0,05mg/l

Inmiddels is het 'huidige doel' van voor 2020 aangepast naar het 'EKR doelvoorstel M14' conform figuur 2.

Figuur 2: KRW doelaanpassing

Biologische parameter	Huidige doel M30	Huidige EKR M14	EKR tandje erbij+ M14	EKR Doelvoorstel M14
Fytoplankton	0,60	0,28	0,55	0,60
Overige waterflora	0,50	0,46	0,53	0,55
Macrofauna	0,55	0,36	0,45	0,45
Vis	0,40	0,16	0,41	0,40

De gebruikte uitgangspunten in de KRW-verkenner zijn (M. Beers, E. Langbroek, L. Santbergen & G. Waajen, 2020):

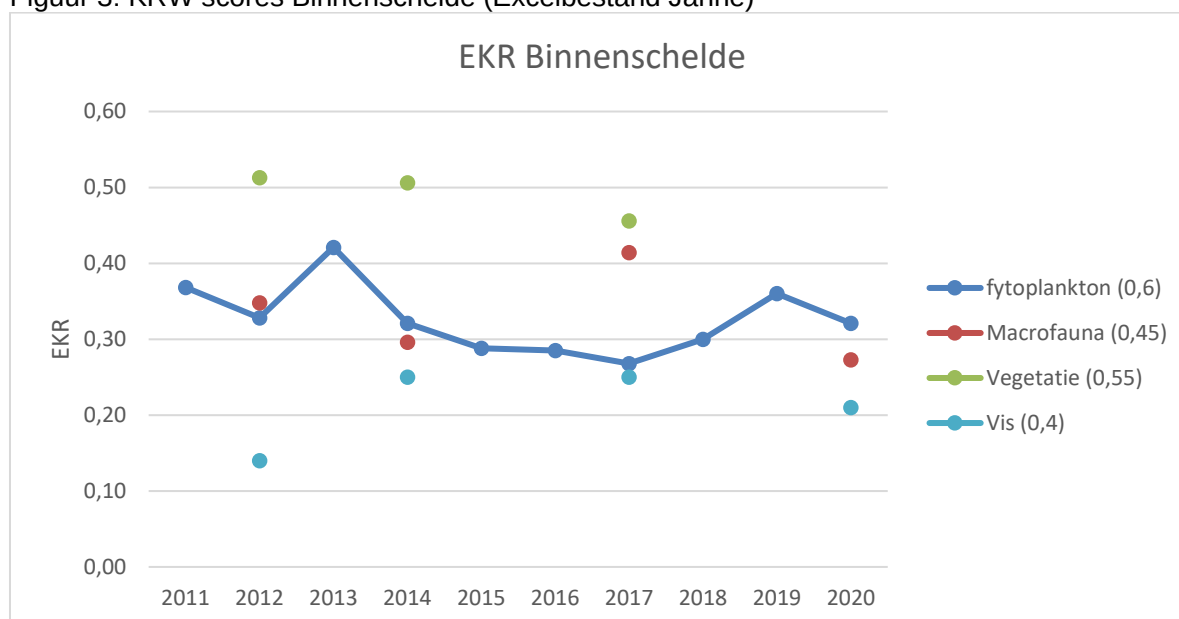
- Chlorideconcentratie in het meer 400mg Cl/l
- Geen vispassage, dus geïsoleerd
- Doorzicht voldoet aan de norm dankzij Phoslock
- Fosforconcentratie 0,05 mg P/l dankzij Phoslock
- Maai intensiteit 50% vanwege verwachte toename vegetatie
- Peilbeheer licht natuurlijk
- Stikstofreductie 15% door minder inlaten

Inmiddels is echter uit onderzoek gebleken dat het toedienen van Phoslock hier niet werkt (B-Ware 2020). De aanpassing van de doelen is daar echter nog wel op gebaseerd.

Ontwikkeling EKR waarden (M14)

Er is geen duidelijke ontwikkeling in de KRW-scores. Soms is de kwaliteit wat beter en soms wat minder (figuur 3)

Figuur 3: KRW scores Binnenschelde (Excelbestand Janne)



KRW-Maatregelen

Volgens de KRW-factsheet (9-3-2021) zijn de volgende maatregelen uitgevoerd en nog gepland voor de Binnenschelde:

Maatregelen uitgevoerd in de periode 2010-2015

Zie voor de maatregelen uitgevoerd in de periode 2010-2015 figuur 4.

Figuur 4: Maatregelen uitgevoerd in de periode 2010-2015

Maatregel:	Omvang:
Aanleg natte ecologische verbindingzone's	1,4 km
Evaluatie SGBP1 en WBP1/opstellen SGBP2/WBP2 *	1 stuks
gezamenlijk voorlichting en educatie programma	1 stuks
gezamenlijk voorlichting en educatie programma *	1 stuks
KRW metingen oppervlaktewater *	1 stuks
Maatregelen zwemwater *	1 stuks
Vispasseerbaarheid kunstwerken (stuwen, gemalen)	0, stuks
Watersysteemanalyse opties herstelmaatregelen	1 stuks

*) maatregel heeft betrekking op meerdere waterlichamen

Maatregelen opgevoerd in SGBP 2016 voor de periode 2016-2021

- Visplan verplichting (regulering vis uitzetten en onttrekken); Het visplan voor het beheergebied in ingediend, maar moet formeel nog goedgekeurd worden.

Maatregelen in SGBP voor periode 2022 -2027

- Onderzoek blauwalgenbestrijding; Onderzoek van waterschap en gemeente Bergen op Zoom naar mogelijkheden voor een structurele aanpak van blauwalgen i.r.t. zwemwaterfunctie. Tevens verkennen van de opties om de doorspoelbehoefte van de waterlopen op de Bergse Plaat te verminderen
- Generiek Rijksbeleid nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen en microverontreinigingen
- Uitvoeren landbouwmaatregelen (Deltaplan Agrarisch Omvang: Waterbeheer); Het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer betreft een programma met maatregelen die agrarische ondernemers op vrijwillige basis treffen om de belasting met nutriënten en verontreinigende stoffen (waaronder zware metalen en microverontreinigingen) terug te dringen. Het waterschap ondersteunt dit programma met expertise over het watersysteem en mogelijke maatregelen

3. Inlaatdebiet

In de huidige situatie vormt de inlaat ongeveer 25% van de inkomende waterstromen, neerslag is 70% en uitspoeling 5% (Witteveen en Bos, 2016).

Figuur 5: inlaat Binnenschelde met zicht op het Zoommeer



Inlaat per maand

De inlaatdebieten wisselen sterk per jaar. De meeste jaren begint het inlaten ongeveer in april wanneer het peil begint uit de zakken (figuur 6).

Figuur 6: Inlaatdebiet in m³/maand

Maand\jaar	2011	2012	2014	2018	2019	2020
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	127094	0	0	0	0	0
4	258163	262483	242266	0	111974	190771
5	260150	0	0	82598	131760	214186
6	267840	0	0	138586	0	103680
7	0	282614	0	>60065	489974	234720
8	0	10454	86400	182304	0	121860
9	0	0	0	325469	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	138240	0	0	0	0	0
totaal jaar	1051488	555552	328666	>789022	733709	865217

Toelichting op tabel: Van de jaren 2013-2015-2016-2017-2018 zijn geen gegevens beschikbaar. In juli 2018 is sprake geweest van een storing, de betreffende maand zijn data beschikbaar van 8 dagen.

De laatste jaren wordt vaak een groot deel van de zomer beperkt doorgespoeld om stankproblemen op de Bergse Plaat te beperken. Meestal wordt het peil zo hoog mogelijk gehouden

en soms komt het voor dat het ingelaten water direct weer terugstroomt naar buiten. Als er sprake van blauwalgenbloei wordt de inlaat gestopt.

Maximale inlaatdebiet

Het maximale haalbare inlaatdebiet is $12,5\text{m}^3/\text{min}$ (mail Jeroen Dekkers) dat is $12,5 \cdot 60 \text{minuten} \cdot 24 \text{uur} = 18.000\text{m}^3/\text{dag}$

Bij een oppervlak van $1.800.000\text{m}^2$ is dat een inlaatdebiet van $10\text{mm}/\text{dag}$.

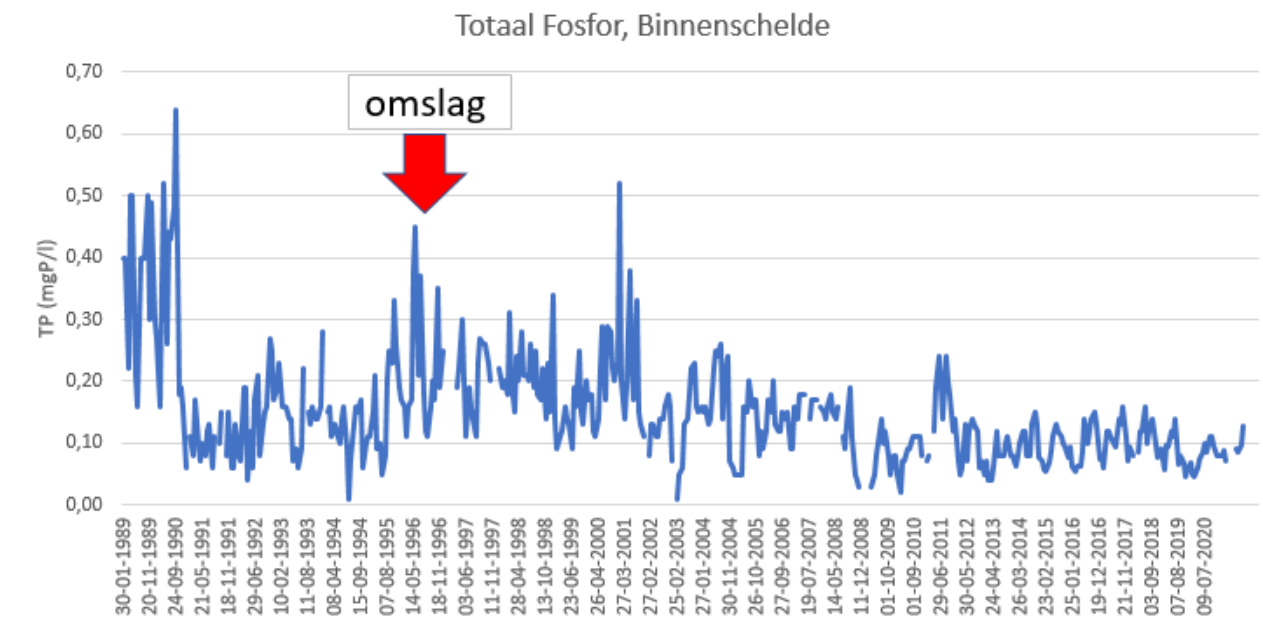
Witteveen en Bos (2016) heeft een hydraulische belasting berekend van $3\text{mm}/\text{dag}$, waarvan 75% afkomstig van neerslag en afspoeling. Dat komt overeen met $2,25\text{mm}$ a.g.v. neerslag, afspoeling en kwel. Dat betekent dat met een maximaal inlaatdebiet van $10\text{mm}/\text{dag}$ de hydraulische belasting op jaarbasis op gemiddeld **$12,25\text{mm}/\text{dag}$** uitkomt.

4. Fosfor

Fosfor (TP) Binnenschelde

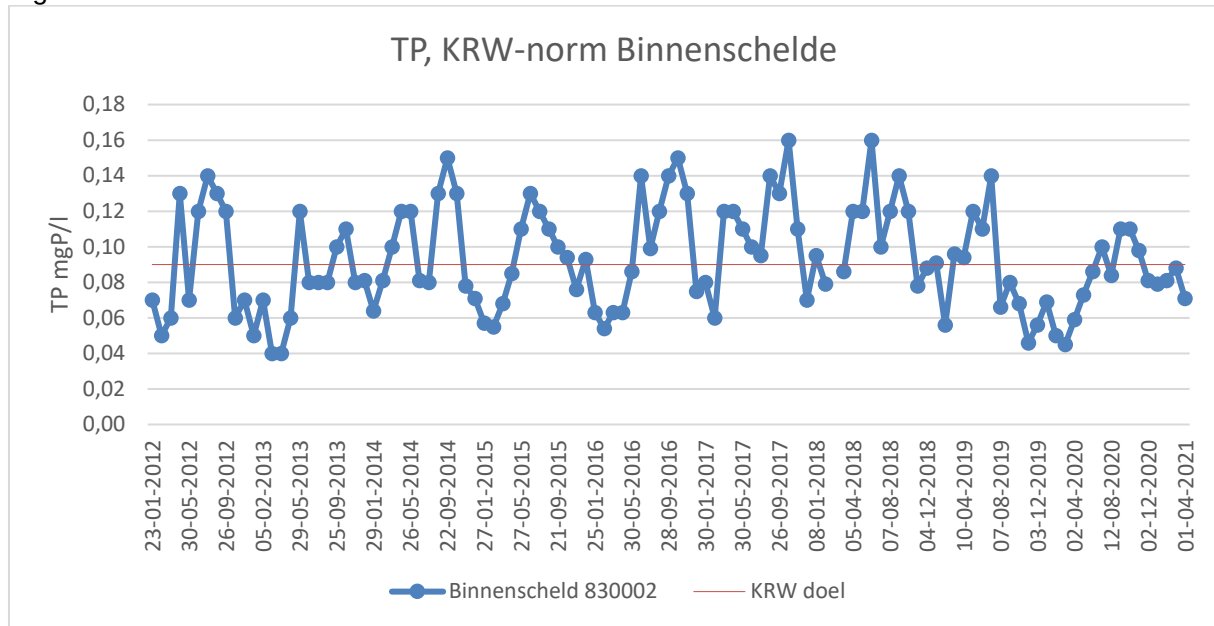
Op het meetpunt midden in de plas (830003, zie bijlage 1) is de fosforconcentratie in beeld gebracht. In 1996 heeft een omslag plaats gevonden van helder plantenrijk water naar troebel water met een afname van waterplanten. In de grafiek is te zien dat de fosforconcentratie na de omslag duidelijk wat hoger ligt. De laatste 20 jaar zijn de fosfaatpieken aanzienlijk lager en de laatste 10 jaar tamelijk stabiel (figuur 7).

Figuur 7: totaal fosfor Binnenschelde vanaf 1989



Vanaf 2012 zijn de hoogste fosforconcentraties maximaal 0,16mgP/l en zijn de P-concentraties jaarlijks stabiel. Ongeveer elk najaar is sprake van een piek die ligt rond 0,15mg/l. De default KRW-doelstelling, die ook hier geldt is 0,09mgP/l voor het zomerhalfjaargemiddelde. De fosforconcentratie in de Binnenschelde is in het zomerhalfjaar meestal duidelijk te hoog, 2020 vormde daarop een uitzondering. In 2020 lag de fosforconcentratie het hele jaar rond 0,09mg P/l of net daaronder. De meeste jaren is er daarnaast een dip in de zomerpiek zo rond juli (figuur 8).

Figuur 8: totaal fosfor Binnenschelde vanaf 2012



De laagste waarden liggen richting het einde van elke winterperiode, wanneer er langere tijd geen water is ingelaten en het water koud is. De waarden stijgen elke voorjaar vrij snel, waarschijnlijk spelen hier minimaal twee zaken een belangrijke rol:

- Inlaten water uit het Zoommeer
- Toename temperatuur en daarmee nalevering uit de waterbodem

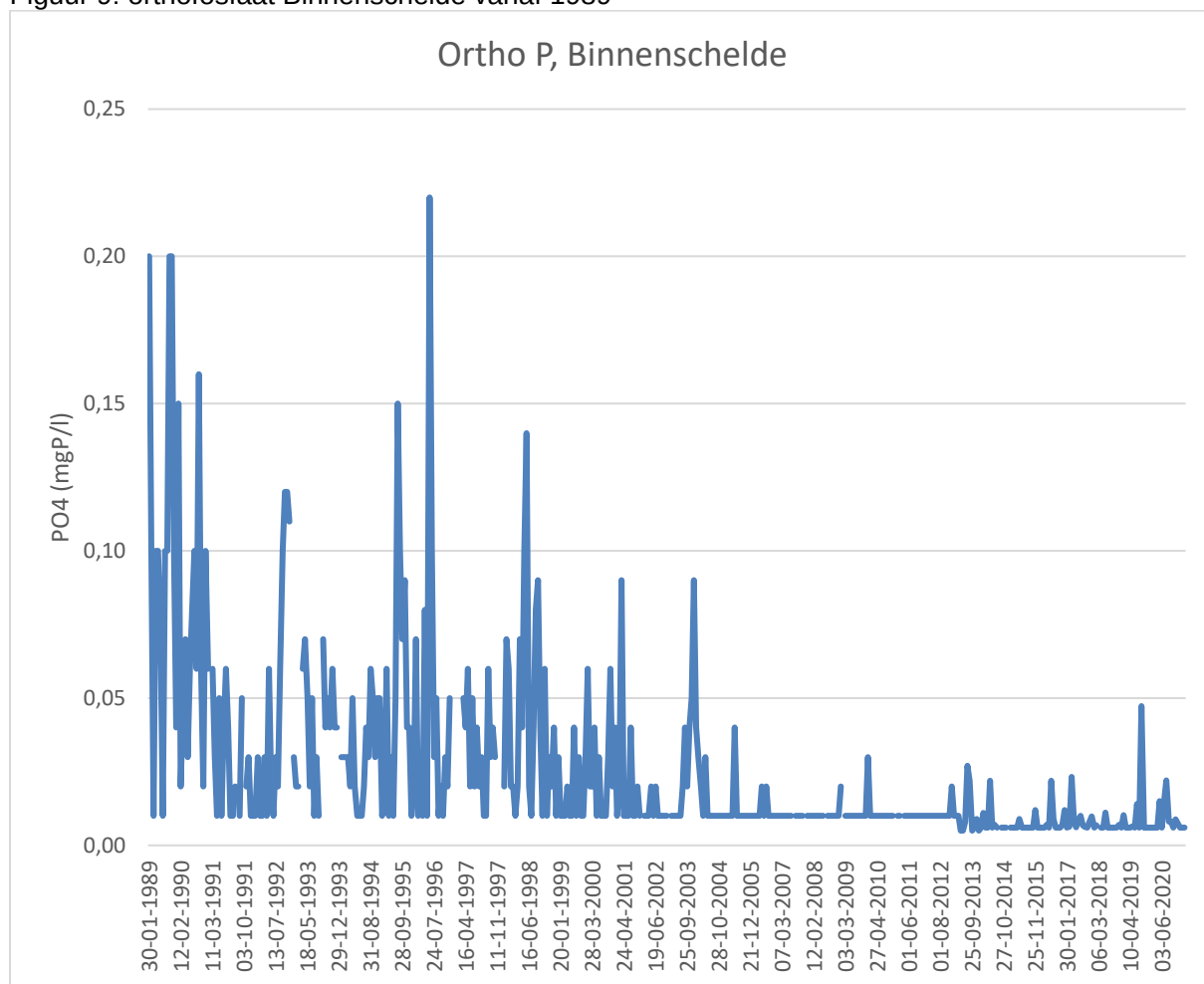
Hierdoor wordt in het zomerhalfjaar de doelstelling overschreden, terwijl in de wintermaanden de concentratie wel regelmatig lager ligt.

Over de laatste 9 jaren is geen trend waarneembaar.

Orthofosfaat

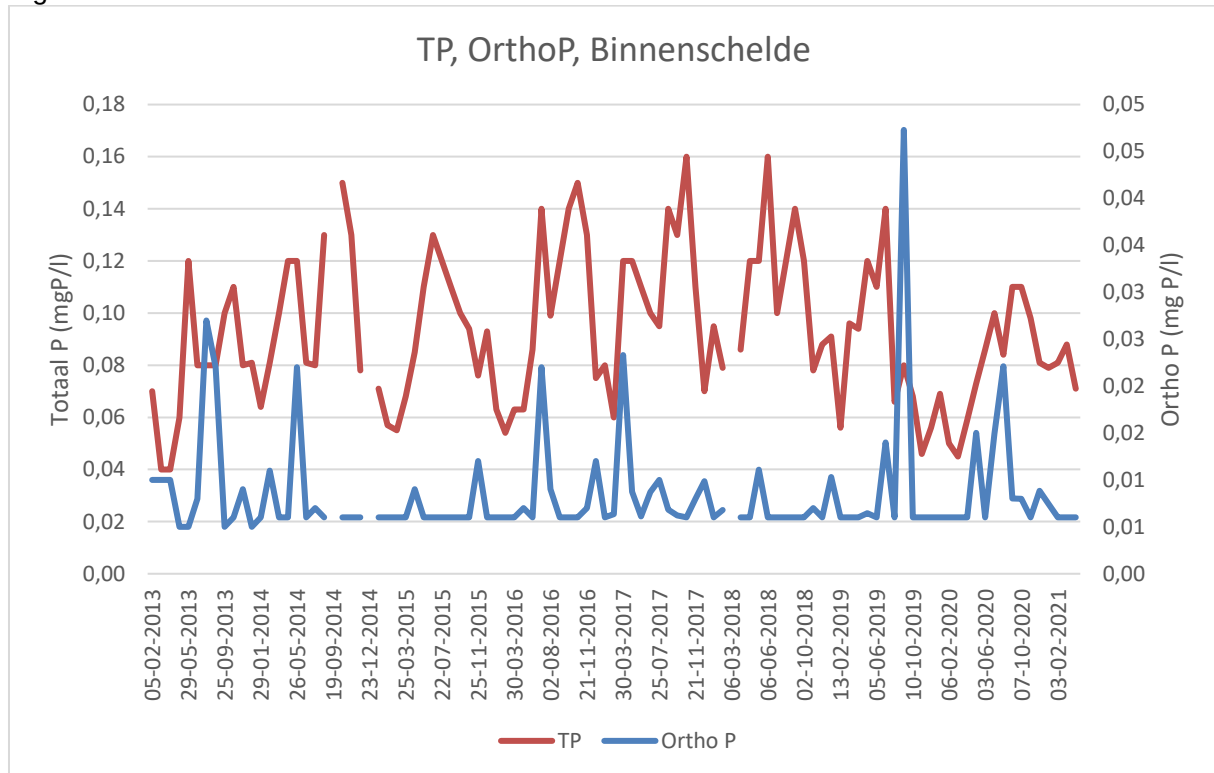
Orthofosfaat is vanaf ongeveer 2003 stabiel en over het algemeen laag met jaarlijks pieken tot meestal ongeveer 0,02 mgP/l (figuur 9 en 10)

Figuur 9: orthofosfaat Binnenschelde vanaf 1989



Toelichting grafiek: De detectiegrens van orthofosfaat ligt sinds 2013 op 0,01 mg P/l. Als een waarde lager dan de detectiegrens is gemeten dan is die in grafiek weergegeven als 0,01.

Figuur 10: totaal fosfor en orthofosfaat Binnenschelde vanaf 2013



Invloed vanuit Zoommeer/inlaatwater

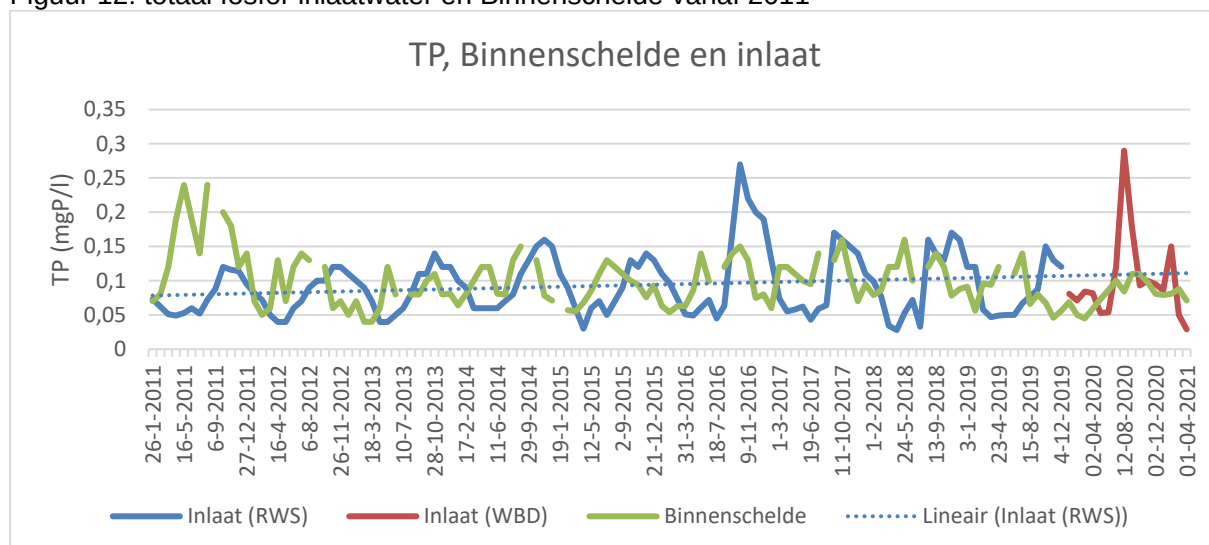
Rijkswaterstaat heeft de afgelopen 15 jaar diverse parameters gemeten vlakbij de Binnenschelde in het Schelde-Rijnkanaal, meetpunt Oesterdam (figuur 11). Andere meetpunten in de buurt zijn ouder. Het waterschap meet sinds 2020 zelf nabij de inlaat.

Figuur 11: meetpunt Oesterdam van Rijkswaterstaat



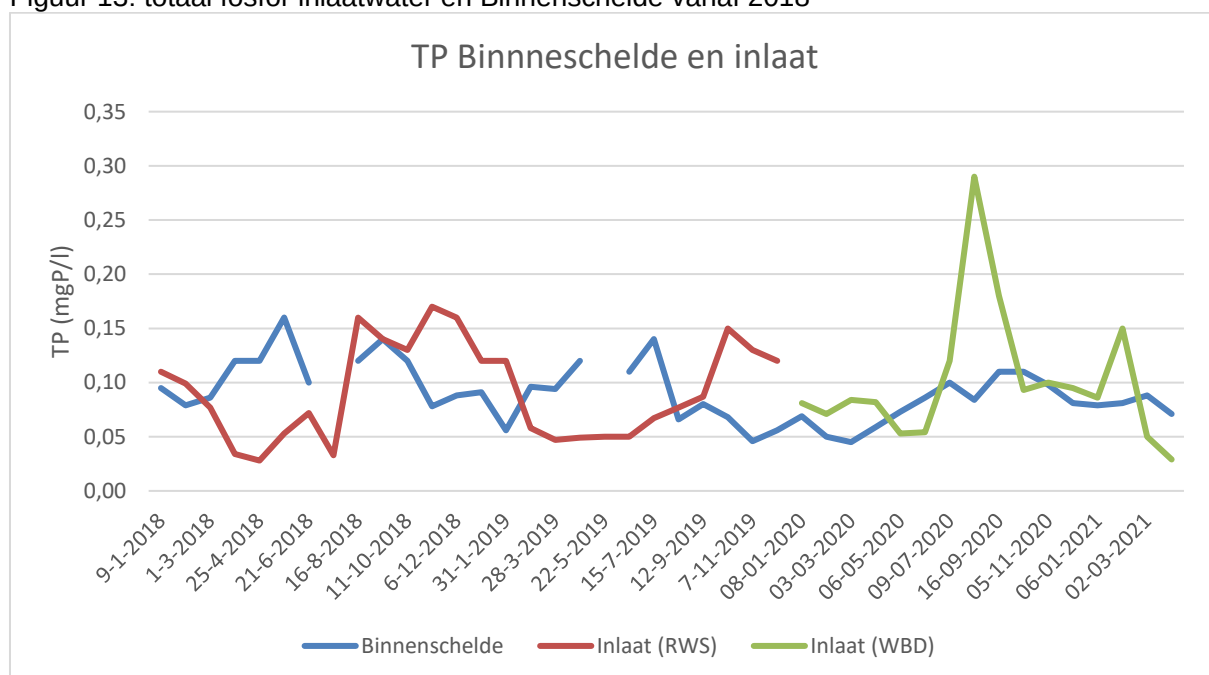
Vanaf 2011 metende zien we een lichte stijging in fosfor in het inlaatwater (figuur 12). We moeten er daarom vanuit gaan dat er voorlopig geen sprake zal zijn van een dalende trendlijn.

Figuur 12: totaal fosfor inlaatwater en Binnenschelde vanaf 2011

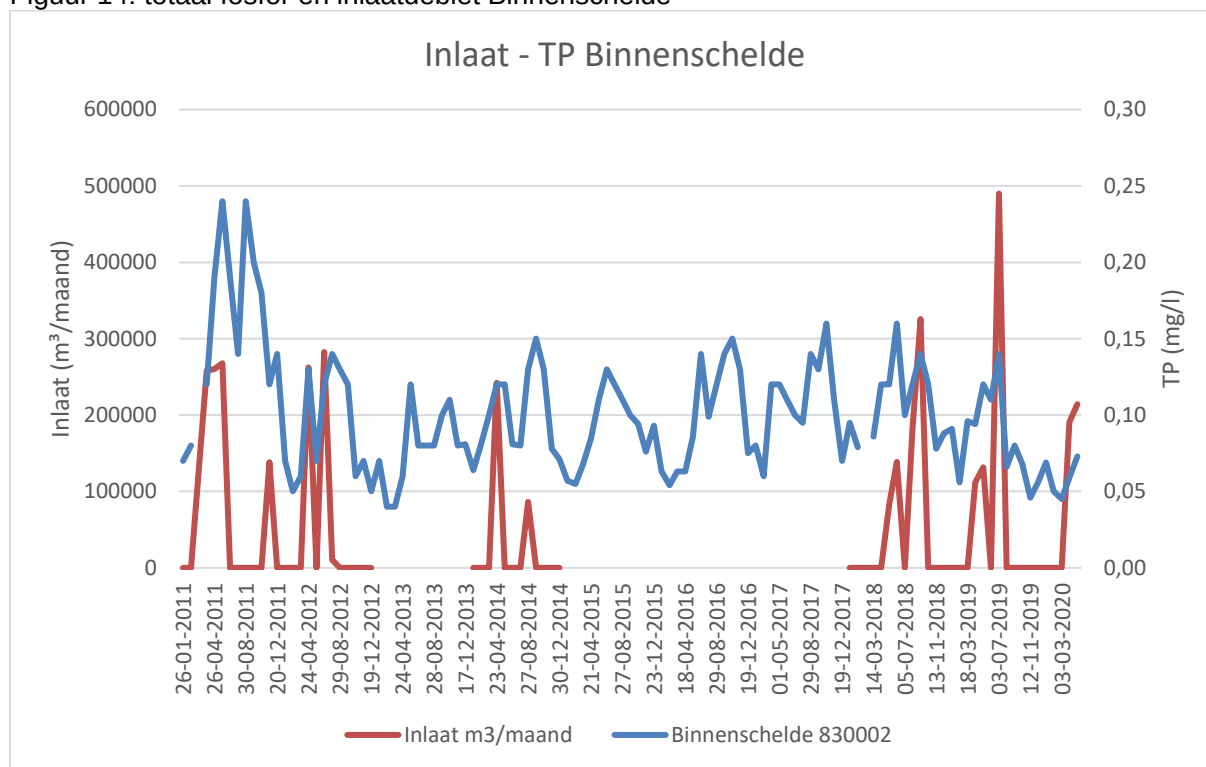


Het inlaatwater heeft over het algemeen (2020 en begin 2021) fosforwaarden die erg dicht bij de waarden van de Binnenschelde liggen. In 2020 was echter 1 uitschieter met een waarde van 0,29mg/l (figuur 13). De Binnenschelde volgt deze piek niet, de dag ervoor is de inlaat dichtgezet. De gegevens zijn helaas te beperkt om hier een duidelijk beeld uit te krijgen. Er lijkt geen heel sterk direct verband te zijn tussen inlaatwater uit het Zoommeer en de Binnenschelde (figuur 14).

Figuur 13: totaal fosfor inlaatwater en Binnenschelde vanaf 2018



Figuur 14: totaal fosfor en inlaatdebiet Binnenschelde



De zomergemiddelde concentraties TP liggen rond 0,1mgP/l voor zowel de inlaat als de Binnenschelde zelf (figuur 15).

Figuur 15: zomerhalfjaargemiddelden totaal fosfor inlaatwater en Binnenschelde

Zomerhalfjaargemiddelde TP mgP/l	TP Inlaat	TP Binnenschelde
2020	0,13	0,09
2019	0,08	0,10
2018	0,10	0,13
Zomergemiddelde 2018, 2019, 2020	0,10	0,10

Met een inlaatdebiet globaal tussen 400.000m³ en 800.000m³ per jaar wordt daarmee per jaar ongeveer tussen de 40 en 80 kg P aangevoerd. Dit komt overeen met 0,06-0,12 mgP/m²/dag.

Het effect van de inlaat op de stofbalans is verder onderzocht bij ESF1.

Invloed vanuit waterbodem

B-Ware (2015) heeft de nalevering uit de waterbodem bij 15°C berekend volgens de Baggernet formule, onder aerobe omstandigheden. Hieraan zitten veel onzekerheden en aannames, dus het geeft een grove indicatie van de mogelijke nalevering. Daaruit komt een gemiddelde nalevering van:

Slibarme locaties (N=5): 0,2 mgP/m²/dag

Sliblaag(N=3): 1,0 mgP/m²/dag

Gemiddelde van sliblaag en slibarme locaties: 0,5 mgP/ m²/dag

Naarmate het water in het voorjaar gaat opwarmen zullen deze hoeveelheden per dag gaan oplossen in het water en naarmate het warmer wordt neemt de hoeveelheid toe. Het effect hiervan op de P concentratie is globaal als volgt berekend:

Het meer is 180 ha groot, dus de belasting is $0,5 \cdot 1.800.000 = 900.000 \text{ mgP/dag} = 900 \text{ gP/dag}$

In figuur 14 is te zien dat de concentratie P vaak vanaf februari/maart begint te stijgen en de hoogste waardes worden vaak bereikt in september. Dat is een periode van 6 maanden waarin de nalevering uit de waterbodem een rol zou kunnen spelen.

$6 \text{ maanden} \cdot 30 \text{ dagen} \cdot 900 \text{ gP/dag} = 162.000 \text{ gP/zomer}$

Het volume is 2,7 miljoen m³, dus $162.000 / 2.700.000 = 0,06 \text{ gP/m}^3 = 0,06 \text{ mgP/l}$

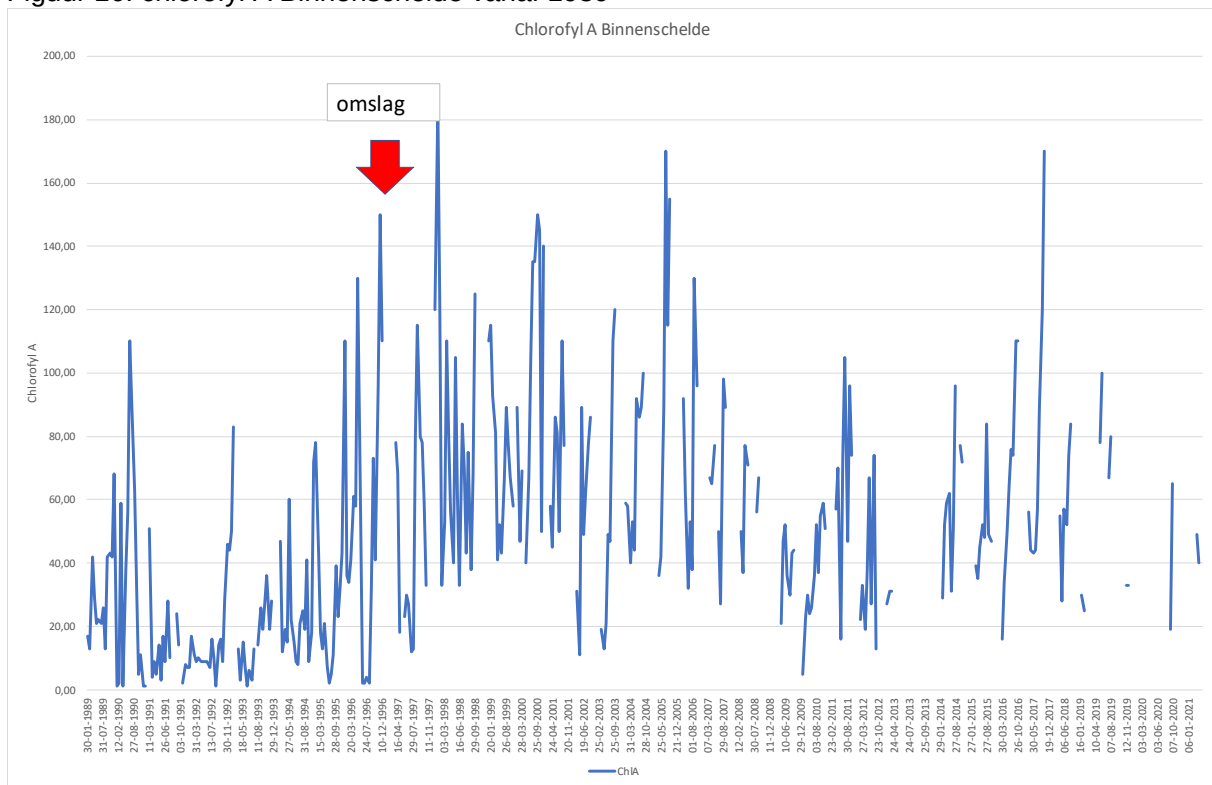
Richting het einde van de zomer kan de bijdrage vanuit de waterbodem in de fosforconcentratie dus oplopen tot ongeveer **0,06mgP/l**. Dat is ongeveer de helft van het zomerhalfjaargemiddelde. Dus zelfs zonder externe bronnen moet nog minimaal een concentratie van 0,06mgP/l worden verwacht aan het einde van de zomer.

5. ChIA

Binnenschelde

Rond 1996 heeft de omslag plaatsgevonden van helder naar troebel water. Vanaf 1996 zijn ook duidelijk hogere en meer pieken te zien in de concentratie van chlorofyl A. Ook daarvoor kwamen echter wel hoge pieken voor van rond de 80-100µg/l (figuur 16).

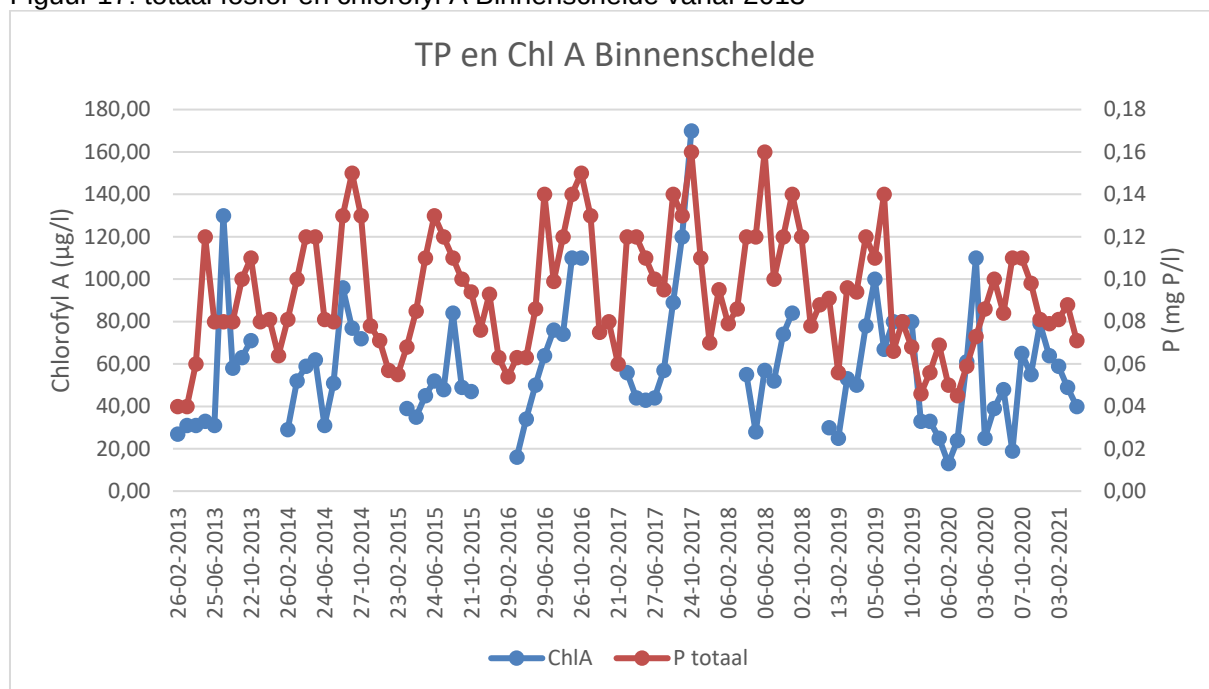
Figuur 16: chlorofyl A Binnenschelde vanaf 1989



De concentratie is het hele jaar door te hoog. Perioden dat de concentratie wat lager is, zijn soms in de winter, soms in de zomer of het voorjaar (figuur 17). De default doelstelling voor een M14 is 23µg/l voor het zomerhalfjaargemiddelde.

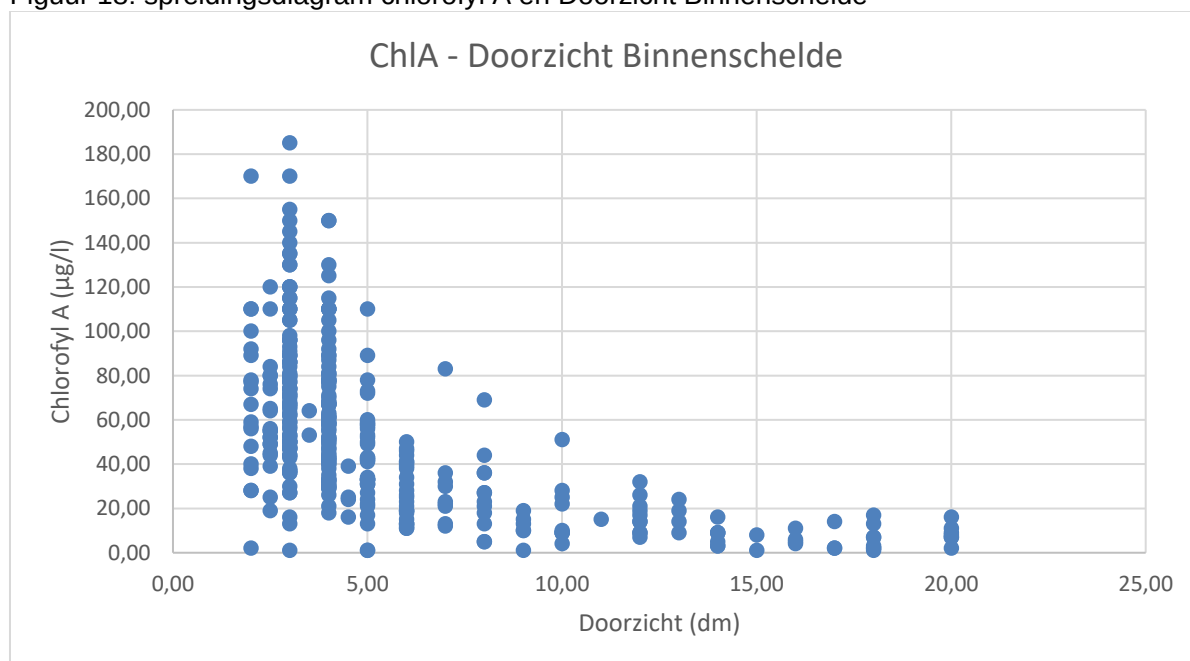
Chlorofyl A en totaal fosfor volgen grofweg hetzelfde patroon. Als P oploopt, loopt chlorofyl A ook op. Meestal met de hoogste pieken in het najaar, na een zomer lang inlaten en vrijkomen van P uit de waterbodem. Uitzondering daarop is 2020 daar was al sprake van een hoge piek in mei en ook de winter 2020/2021 laat behoorlijk hoge waarden zien (figuur 17).

Figuur 17: totaal fosfor en chlorofyl A Binnenschelde vanaf 2013



Uit de spreidingsdiagram (figuur 18) blijkt een verband tussen doorzicht en de concentratie chlorofyl A. Bij lage chlorofylconcentraties kan het doorzicht oplopen tot wel 2m, maar ook dan kan het water zeer troebel zijn. De metingen met een doorzicht boven 1.80m zijn van voor 1996, het jaar van de omslag. Naast de chlorofylconcentratie zijn duidelijk ook andere factoren van belang voor het doorzicht.

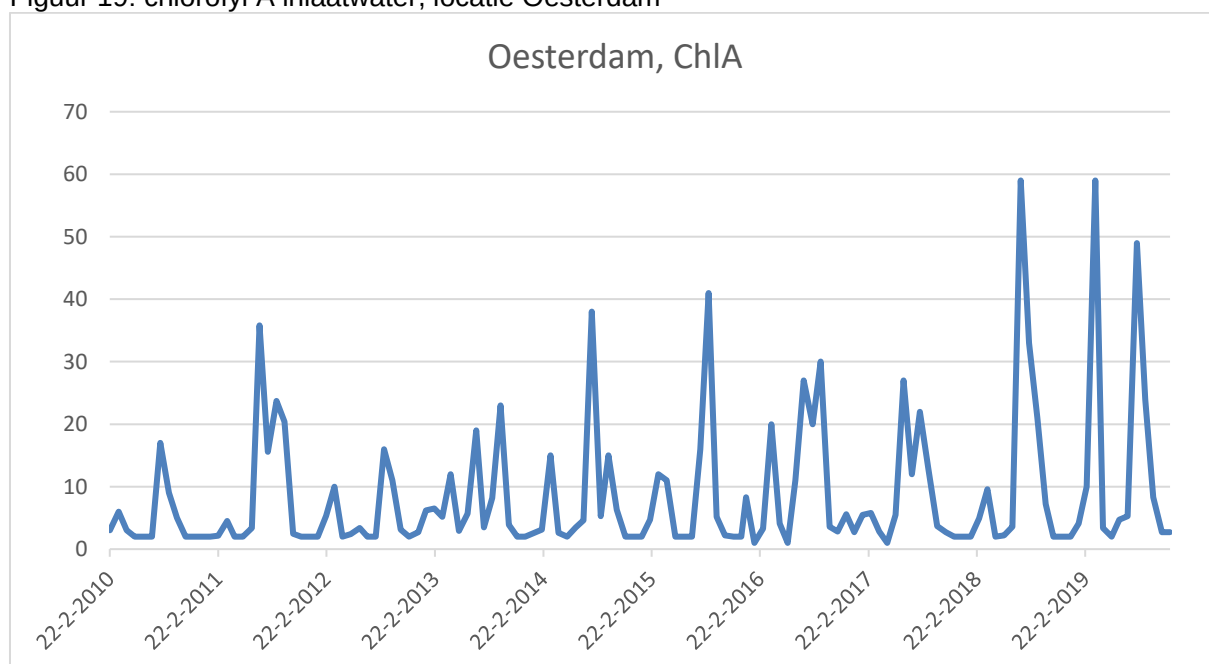
Figuur 18: spreidingsdiagram chlorofyl A en Doorzicht Binnenschelde



Zoommeer/inlaatwater

Het inlaatwater uit het Zoommeer heeft beduidend lagere chlorofyl A concentraties (pieken max. 60 µg/l) dan dat van de Binnenschelde waar jaarlijks pieken boven de 150 µg/l voorkomen. In het Zoommeer zijn de pieken meestal kortdurend (1 meting) en meestal aan het eind van de zomer (juli of augustus) (figuur 19).

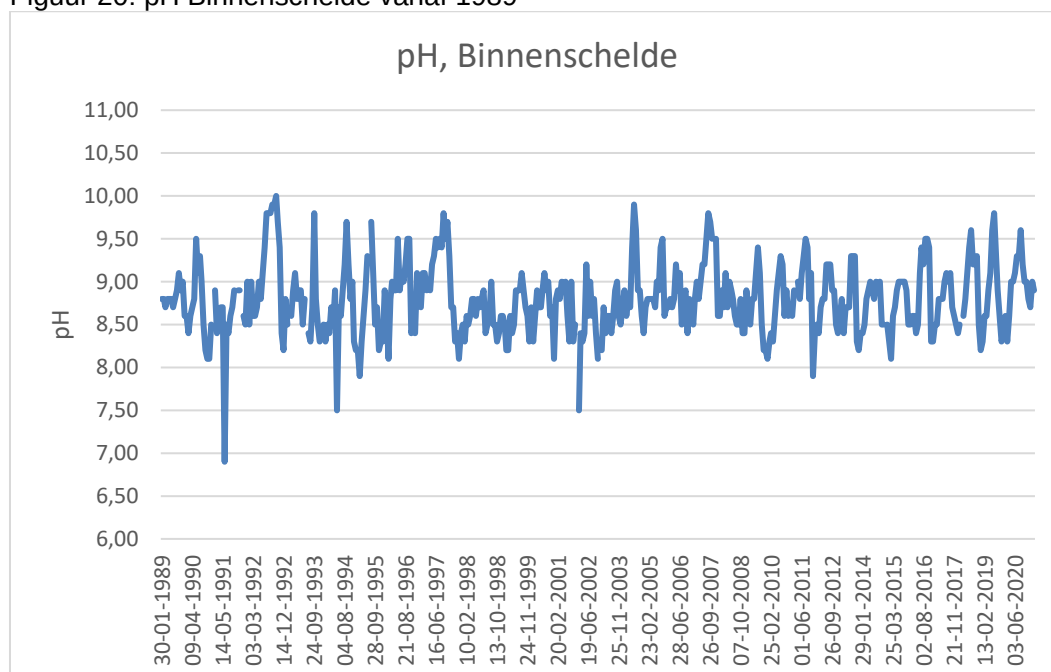
Figuur 19: chlorofyl A inlaatwater, locatie Oesterdam



pH

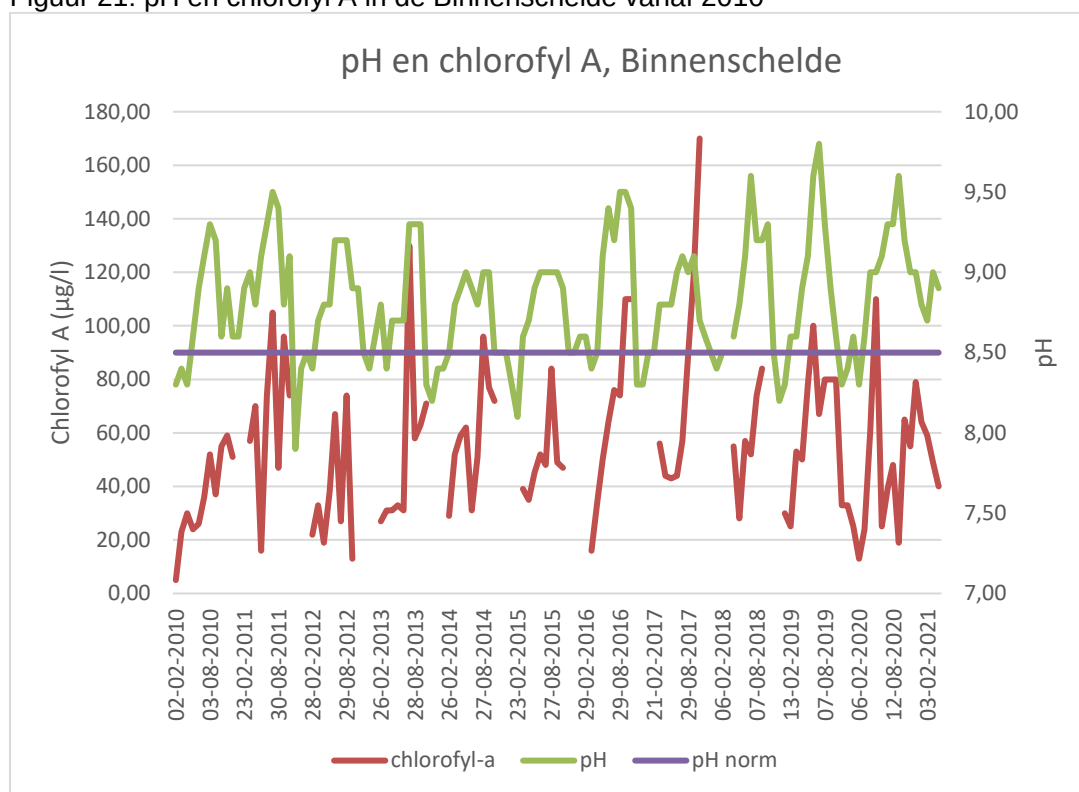
Uit de KRW-beoordeling blijkt dat de pH ontoereikend scoort doordat de waarden regelmatig te hoog zijn ($>8,5$). Deze hoge pH waarden komen al voor vanaf het begin van de metingen. Ook toen de Binnenschelde nog helder was voor 1996 (figuur 20).

Figuur 20: pH Binnenschelde vanaf 1989

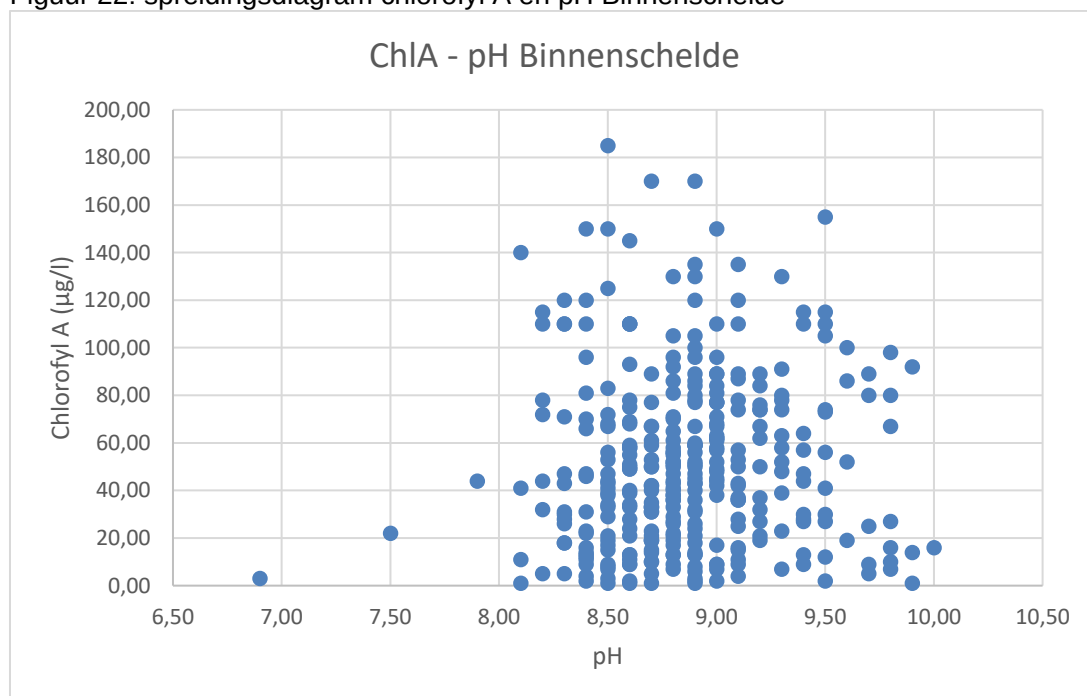


Het lijkt dat de pH pieken gelijk op gaan met chlorofyl A (figuur 21), maar er is geen duidelijk verband tussen chlA en pH zoals te zien is in de spreidingsgrafiek (figuur 22). De echt lage waarden $\text{pH} < 8$ komen alleen voor bij lage algenbloei. De echt hoge pH-waarden $> 9,5$ komen voor bij chlorofyl A concentraties tot ongeveer $100 \mu\text{g/l}$. Tijdens algenbloei $> 100 \mu\text{g/l}$ ligt pH tussen 8 en 9,5.

Figuur 21: pH en chlorofyl A in de Binnenschelde vanaf 2010



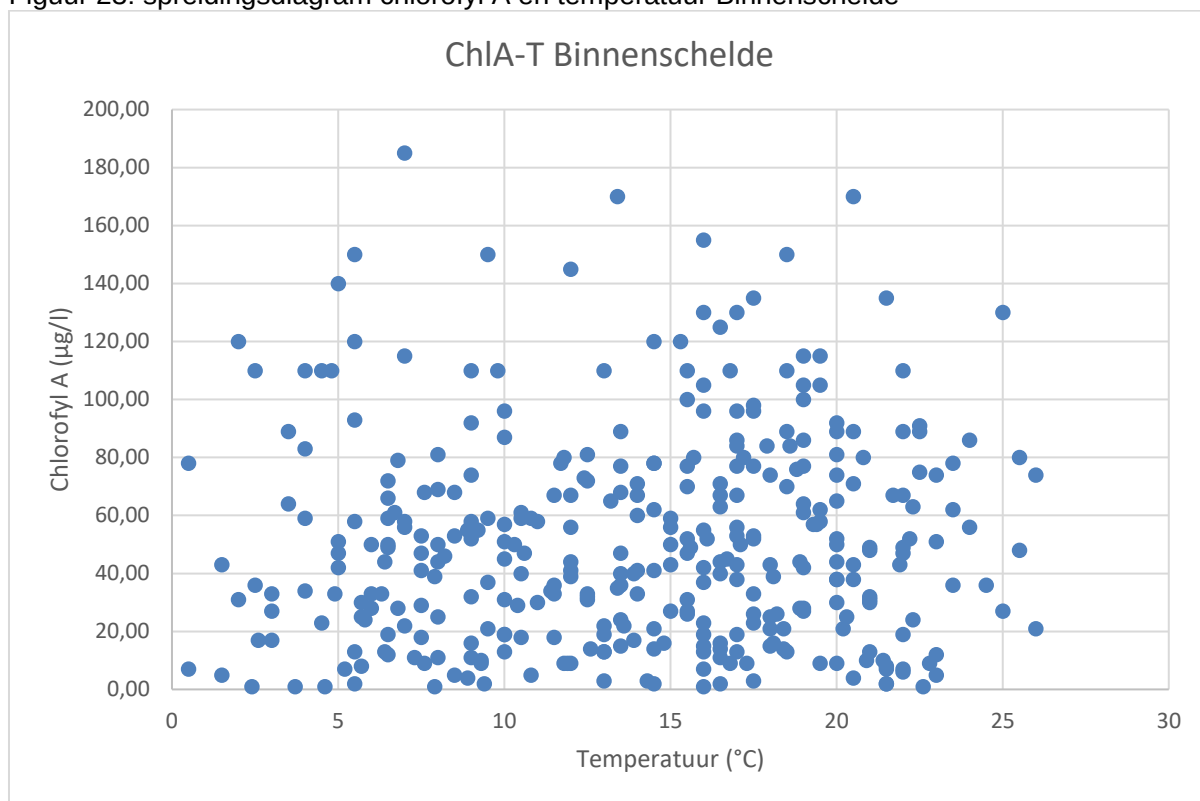
Figuur 22: spreidingsdiagram chlorofyl A en pH Binnenschelde



Temperatuur

Hoge temperaturen gaan niet perse samen met algenbloei. Algenbloeien van $>100\mu\text{g/l}$ komen bij alle temperaturen voor en dus het hele jaar rond (figuur 23).

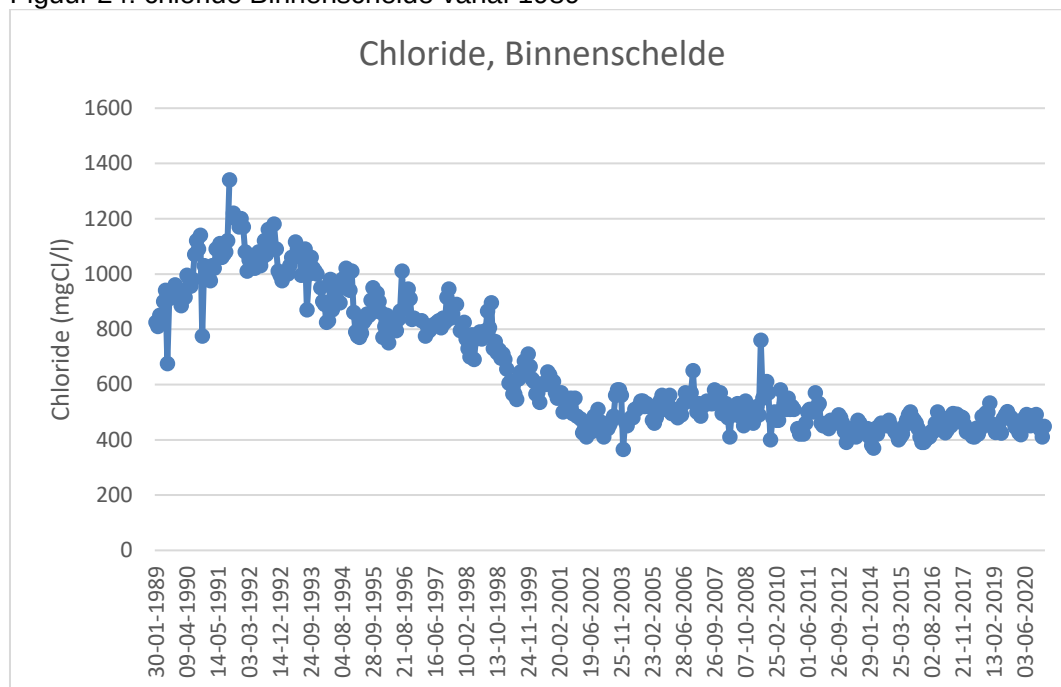
Figuur 23: spreidingsdiagram chlorofyl A en temperatuur Binnenschelde



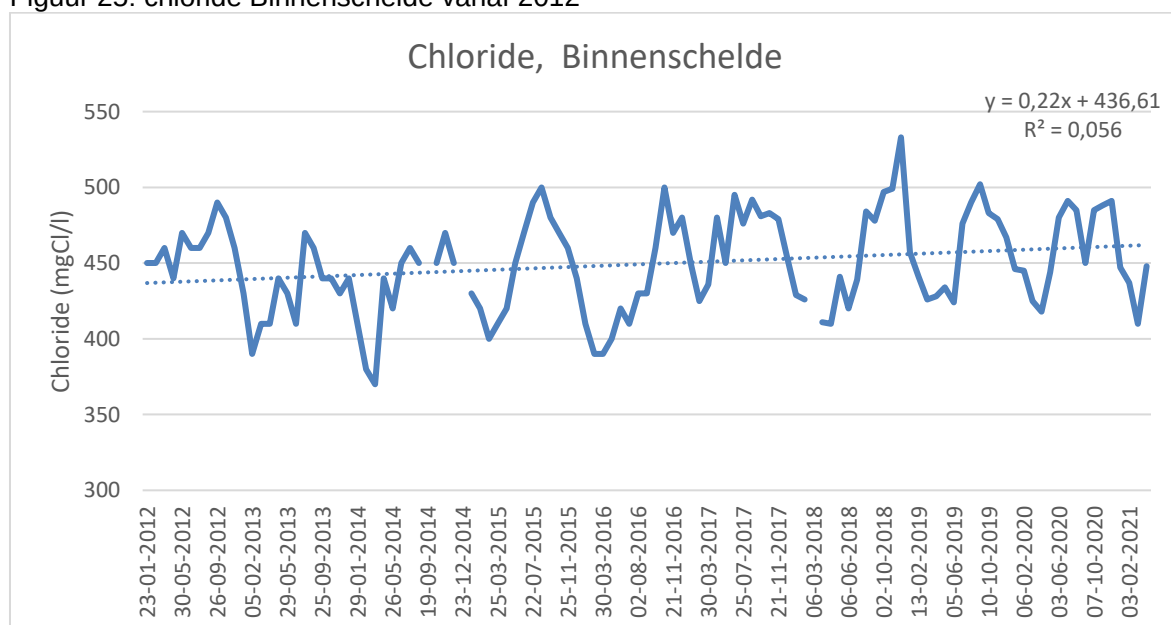
6. Chloride

De chloride concentratie is de laatste 9 jaar gestabiliseerd (figuur 24). De daling is gestopt en de jaarlijkse fluctuatie ligt nu tussen de 400 en 500 mg Cl/jaar. Echte uitschieters zijn niet meer voorgekomen (figuur 25).

Figuur 24: chloride Binnenschelde vanaf 1989



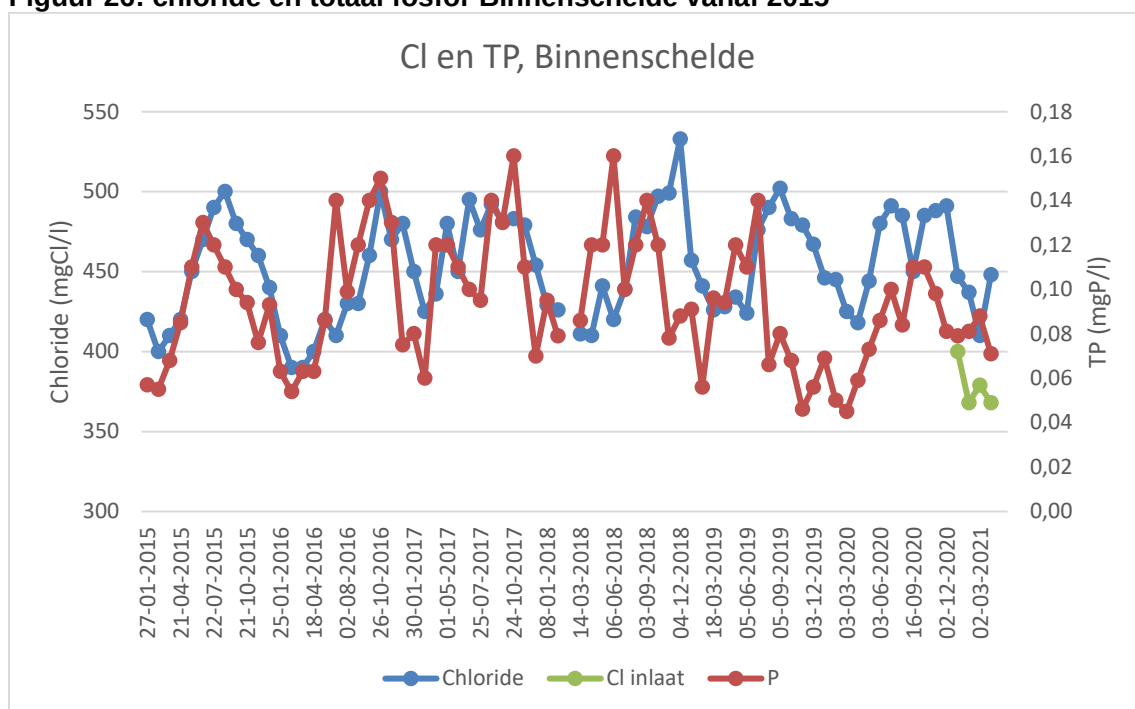
Figuur 25: chloride Binnenschelde vanaf 2012



Een concentratie tussen 400 en 500 is voor te hoog voor een zoet KRW type (M14). De default KRW-doelstelling is 200mgCl/l en bij een waarde boven 300 is de score slecht. Het effect hiervan is meegenomen in de doelaanpassing, daar is uitgegaan van de huidige situatie met daarbovenop het effect van maatregelen.

De chloridefluctuatie valt in hoofdlijnen samen met die van fosfor, hoewel dat de laatste twee jaar minder sterk lijkt (figuur 26).

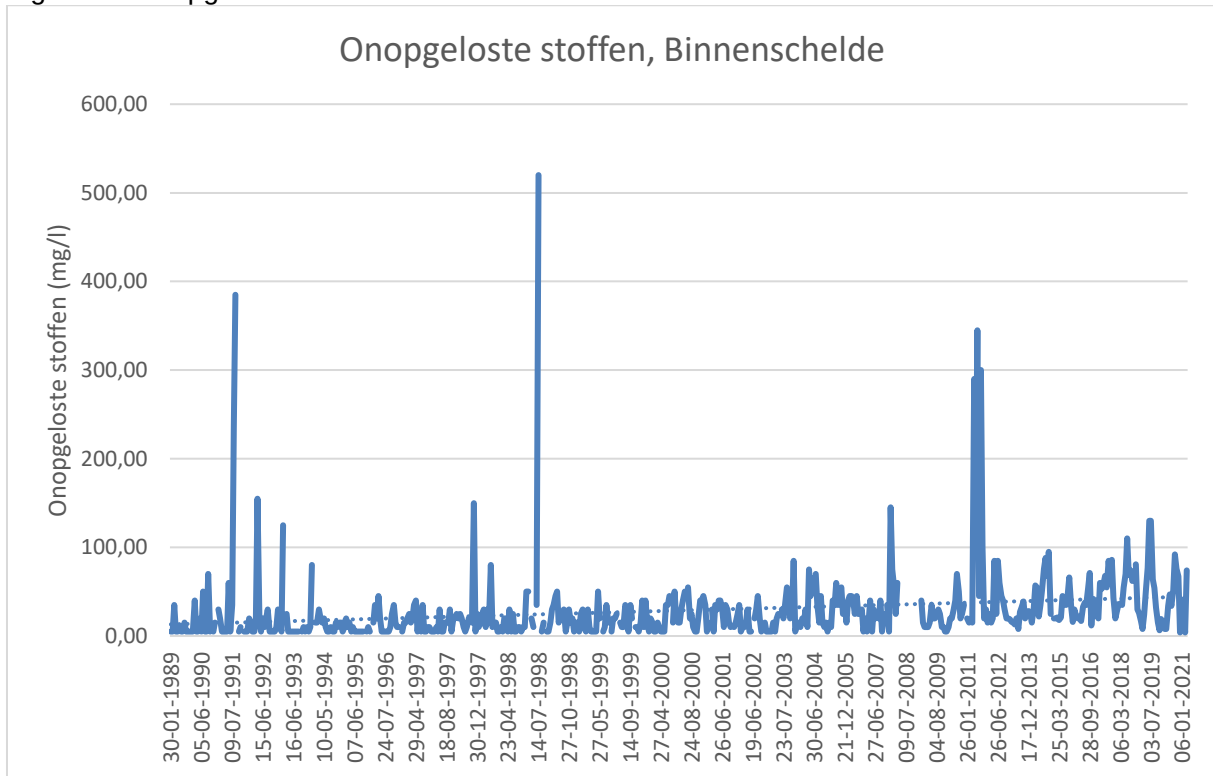
Figuur 26: chloride en totaal fosfor Binnenschelde vanaf 2015



7. Onopgeloste stoffen

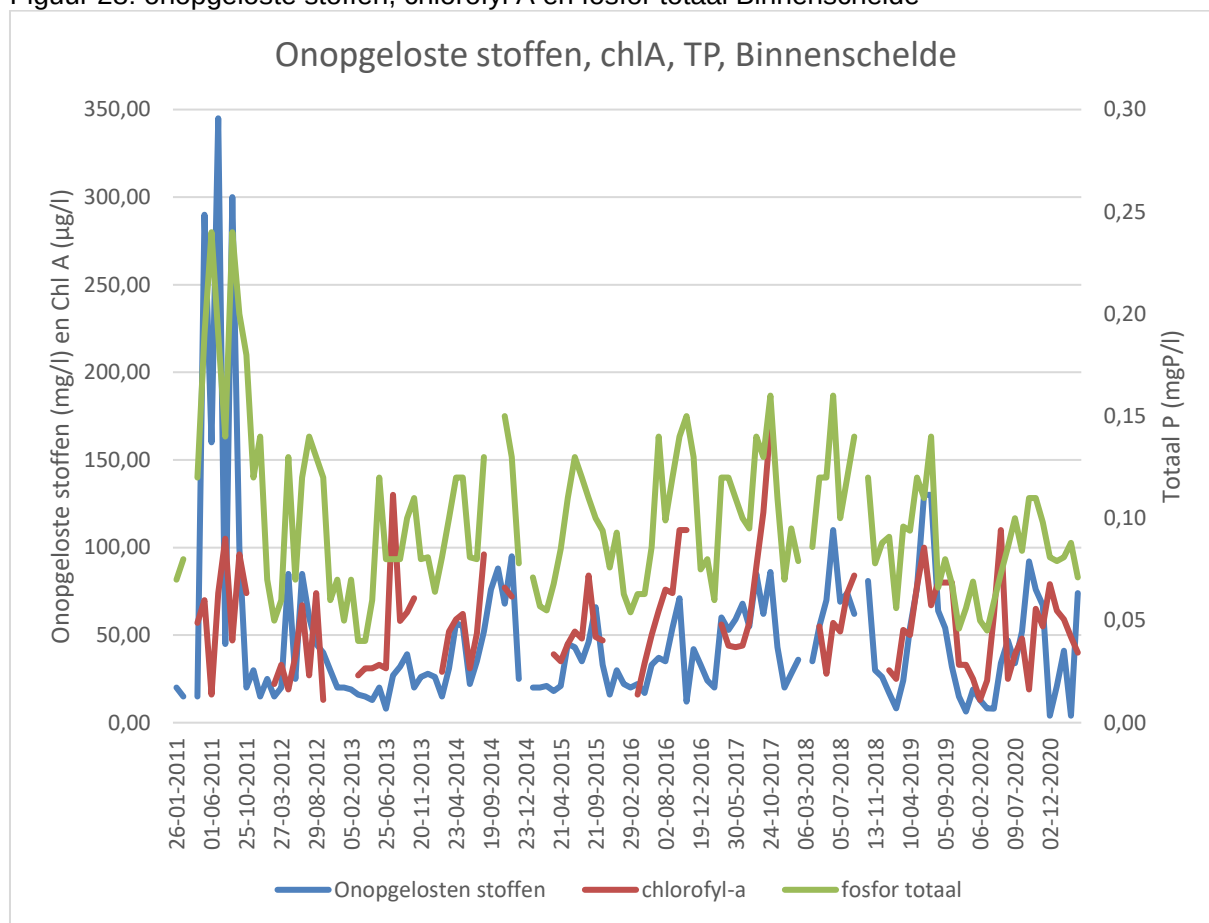
In een aantal jaren is er een grote piek geweest in onopgeloste stoffen. Onopgeloste stoffen volgt een sterk seizoenspatroon, met over het algemeen lagere waarden in de winter dan in de zomer. Daarnaast is duidelijk een stijgende trend gaande (figuur 27).

Figuur 27: onopgeloste stoffen Binnenschelde vanaf 1989



Onopgeloste stoffen volgt hetzelfde patroon als Chlorofyl A en wordt waarschijnlijk voor een gedeelte bepaald door de algengroei. Ook totaal fosfor volgt globaal hetzelfde patroon (figuur 28).

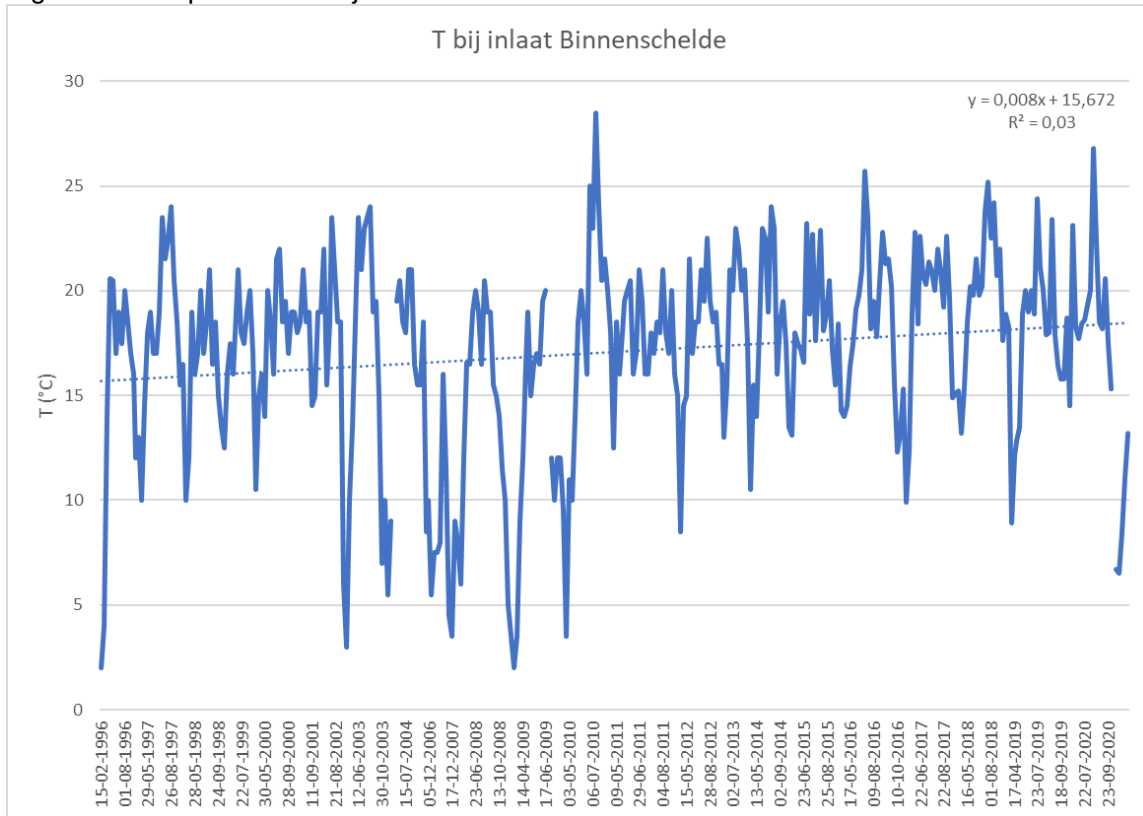
Figuur 28: onopgeloste stoffen, chlorofyl A en fosfor totaal Binnenschelde



8. Temperatuur/klimaatontwikkeling

Bij de inlaat van de Binnenschelde is een toename van temperatuur zichtbaar van bijna 2°C over 24 jaar vanaf 1996 (figuur 29). Dit meetpunt (800001, zie bijlage 1) is meestal alleen in het zomerhalfjaar gemeten. Het lijkt er dus op dat de zomers sinds 1996 duidelijk warmer zijn geworden.

Figuur 29: temperatuur nabij inlaat Binnenschelde vanaf 1996

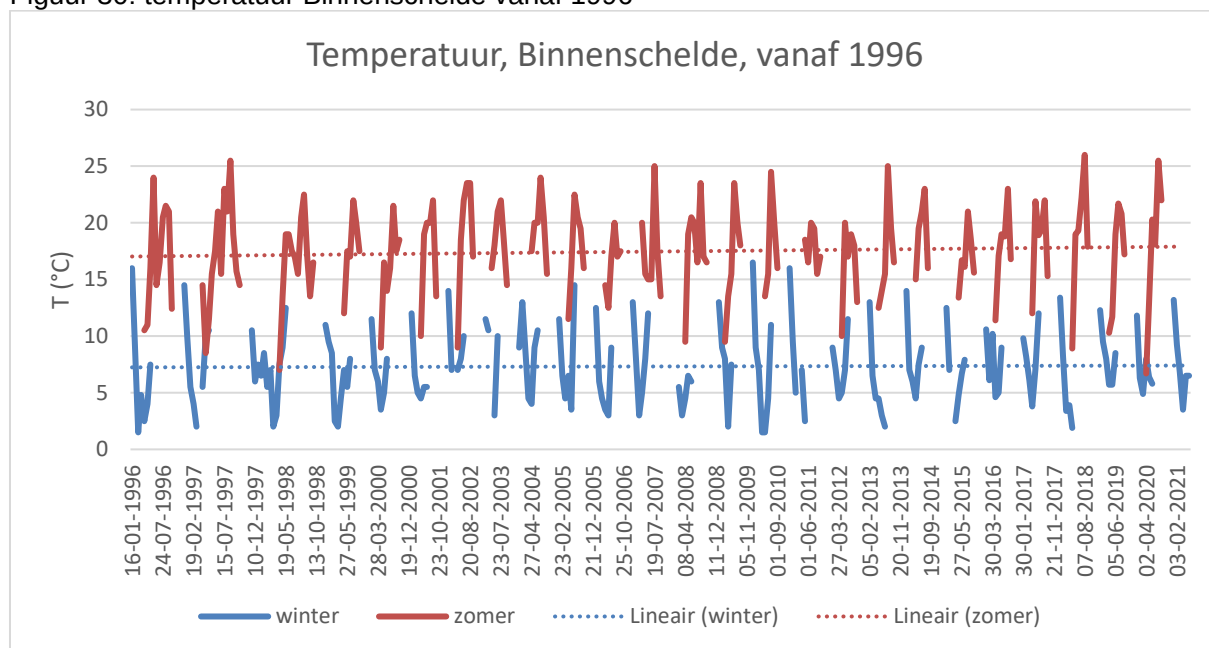


Toelichting bij grafiek: de metingen betreffen de meeste jaren alleen het zomer halfjaar

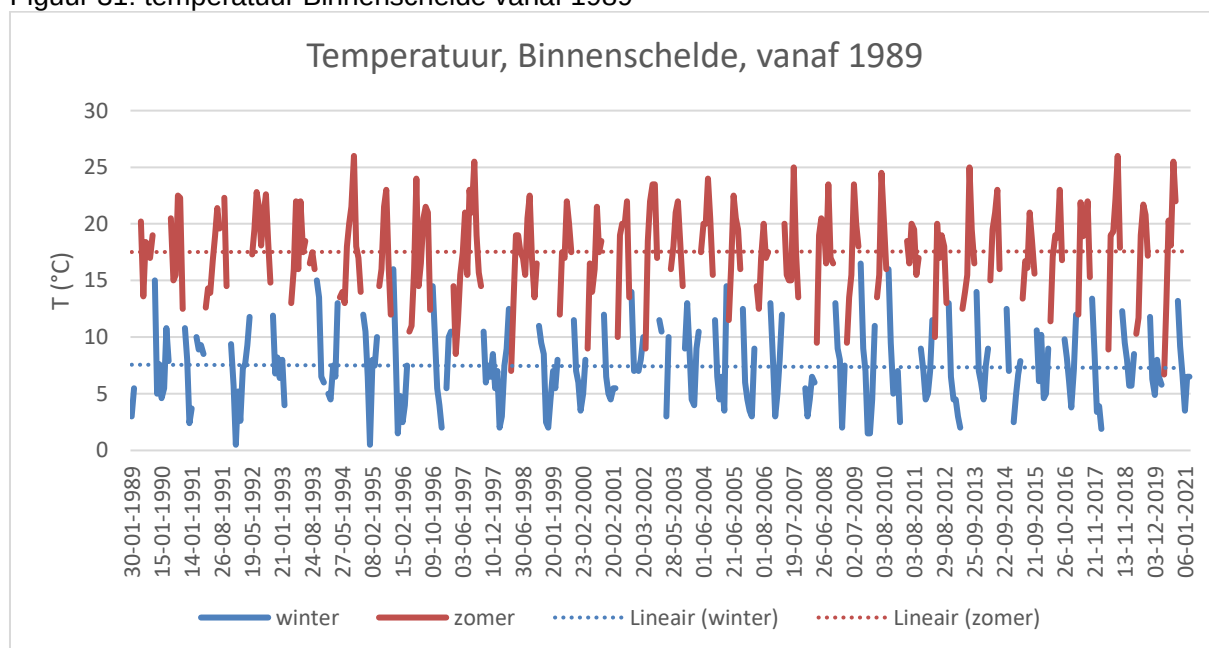
Als we het meetpunt midden op de Binnenschelde (830002, zie bijlage 1) bekijken over dezelfde periode en alleen de zomermeetwaarden (april t/m sept) is er een toename van de temperatuur zichtbaar van bijna 1°C over de laatste 24 jaar (figuur 30). Het effect van opwarming lijkt daarmee sterker in de ondiepere zone bij het inlaatpunt dan in het diepere water midden op de plas.

Als we echter iets verder terug kijken in de tijd (31 jaar) is er geen sprake van opwarming, niet in de zomer en niet in de winter (figuur 31). Dit komt door de zeer warme jaren 1994 t/m 1997.

Figuur 30: temperatuur Binnenschelde vanaf 1996



Figuur 31: temperatuur Binnenschelde vanaf 1989



9. Vis

Visstand 2020 (Monitoring ATKB)

In 2020 is de totale visstand geschat op 104,4kg/ha, waarvan 9,6kg/ha snoek (ATKB,2020). De hoeveelheid brasem is geschat op 69,2kg/h (figuur 32).

Negatieve effecten op doorzicht en vegetatie ontstaan bij dichtheden vanaf 50kg karper/ha. ([eindconcept uitzet karper](#)). Brasem draagt ongeveer 2x zoveel bij aan vertroebeling dan karper (visionair 31 troebel water).

Figuur 32: raming visstand Binnenschelde in kg/ha 2020

Gilde	Vissoort	Totaal	0+	>0+-15	16-25	26-40	>=41
Eurytoop	Aal	8,9	-	-	-	0,2	8,7
	Baars	6,8	6,1	0,2	0,5	-	-
	Blankvoorn	1,5	0,2	0,2	0,4	0,8	-
	Brasem	69,2	6,0	-	0,3	0,3	62,6
	Hybride	0,0	0,0	-	0,0	-	-
	Snoekbaars	7,3	2,3	-	0,3	0,1	4,4
Limnofiel	Rietvoorn	0,4	0,0	0,1	0,3	-	-
	Vetje	0,0	0,0	-	-	-	-
Exoot	Zwartbekgrondel	0,7	0,0	0,7	-	-	-
Subtotaal		94,7	14,6	1,2	1,8	1,4	75,8
ecologische indeling voor snoek							
		Totaal	0-15	16-35	36-44	45-54	>54
Eurytoop	Snoek	9,6	0,0	3,7	0,1	0,3	5,5
Totaal		104,4					

0,0 = <0,05 kg/ha; - = niet aangetroffen

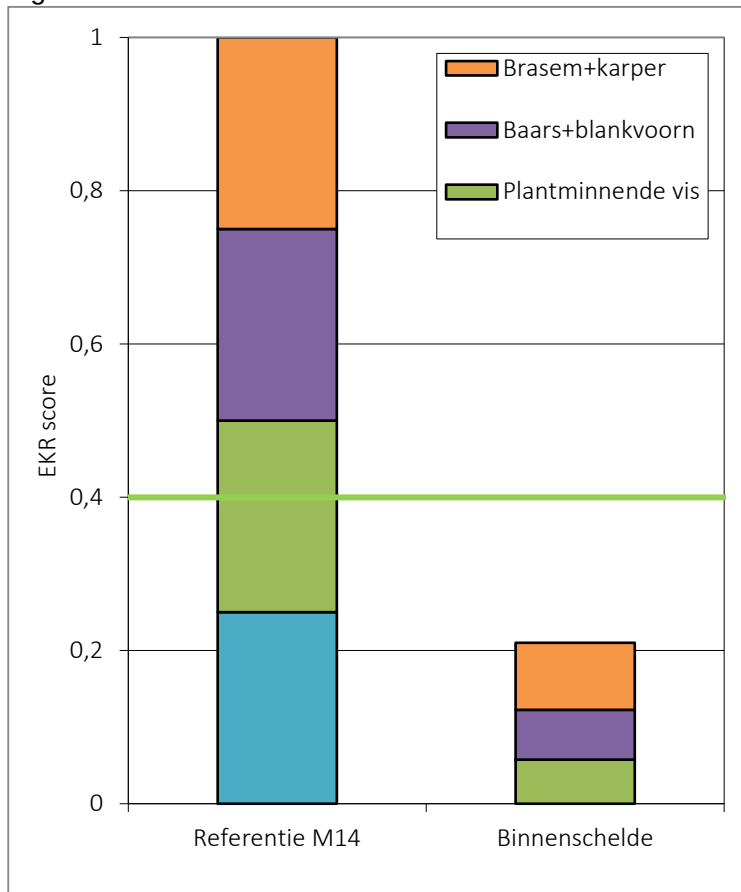
De populatie van de exotische zwartbekgrondel neemt langzaam toe. De eerste zwartbekgrondels zijn waarschijnlijk de Binnenschelde binnengekomen rond 2011/2012, in de eerdere KRW-bemonsteringen is deze niet aangetroffen. In 2014 is de soort voor het eerst waargenomen in zeer lage hoeveelheden (8 stuks/hectare) (ATKB, 2015).

De KRW-score is ontoereikend. Alle deelmaatlaten scoren slecht en zuurstoftolerante vissoorten ontbreken geheel (figuur 32). Het aantal soorten plantminnende vissen in de Binnenschelde beperkt zich tot rietvoorn, snoek en vetje.

Plantminnende vissen
giebel, kroeskarper, kleine modderkruiper, vetje, grote modderkruiper, tiendoornigde stekelbaars, bittervoorn, ruisvoorn/rietvoorn, zeelt, snoek

Zuurstoftolerante vissen
kroeskarper, grote modderkruiper en zeelt

Figuur 33: KRW score vis 2020 Binnenschelde



Ontbrekende soorten kunnen zich niet of nauwelijks spontaan nieuw vestigen in de Binnenschelde. Een aantal plantminnende soorten zou nog via larven vanuit de het Zoommeer mee kunnen komen in het inlaatwater. Echter zuurstoftolerante soorten komen ook in het Zoommeer niet voor ([Wageningen University en Research, 2020](#)). Vismigratie vanuit het Zoommeer naar de Binnenschelde wordt niet bevorderd om aanvoer van exoten tegen te gaan. Daarbij is er geen lokstroom vanuit de Binnenschelde waardoor soorten niet worden aangetrokken. Het vergroten van het aantal plantminnende en zuurstoftolerante soorten zal dus nauwelijks op natuurlijke wijze plaats kunnen vinden.

Gewenste visstand

De KRW-maatlat geeft een goede indicatie van wat gewenst is voor een gezond helder ecosysteem. Uitgaande van een draagkracht van ca. 100 kg/ha. is het volgende gewenst voor een M14 (Stowa 2018):

- Maximaal 40% brasem + karper (= nu 66%)
- Minimaal 40%, maximaal 80% plantminnende vis (= nu ca 10%)
- Minimaal 10%, maximaal 30% zuurstoftolerante vis (= nu 0%)

Voor de Binnenschelde is het doel naar beneden bijgesteld naar een eindscore van minimaal 0,4 zonder verdere onderverdeling in de deelmaatlaten

De meest bepalende factor in de KRW score is de nog te hoge brasemstand. Door een hoog percentage brasem scoren alle andere vissoorten automatisch lager.

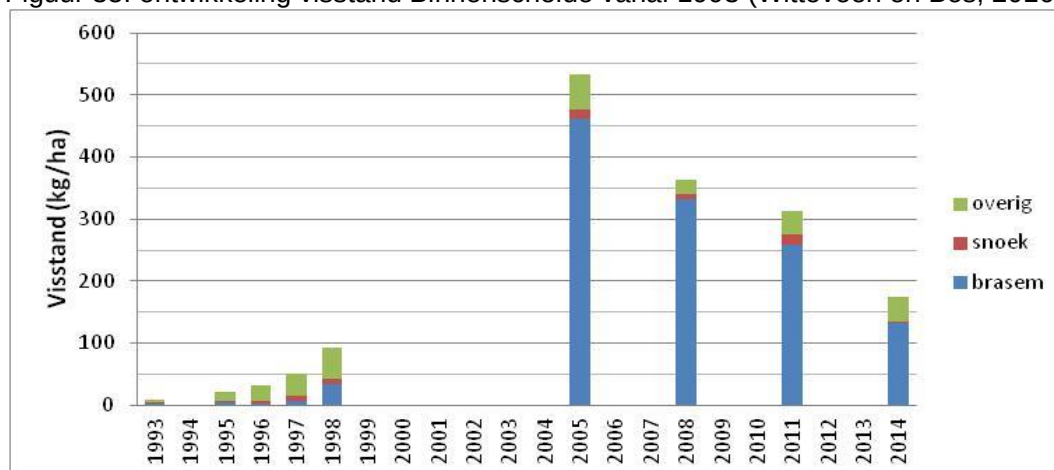
Figuur 34: klassengrenzen van de deelmaatlaten voor vis (Stowa, 2018)

	Weging	Slecht	Ontoereikend	Matig	Goed	Zeer Goed (max)
Biomassa aandeel brasem + karper (%)	0.25	85 – 100	60 – 85	40 – 60	15 – 40	5 – 15 (0)
Biomassa aandeel baars en blankvoorn in % van de biomassa van alle eurytopen	0.25	0 – 5	5 – 15	15 – 30	30 – 45	45 – 60 (100)
Biomassa aandeel plantminnende vis (%)	0.25	0 – 8	8 – 20	20 – 40	40 – 65	65 – 80 (100)
Biomassa aandeel zuurstoftolerante vis (%)	0.25	0 – 1	1 – 3	3 – 10	10 – 20	20 – 30 (100)
Beoordeling ekr		0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 – 1

Ontwikkeling visstand

In de eerste helft van de jaren '90 was het meer helder en plantenrijk, de visbiomassa was laag (figuur 35). In 1996 heeft een omslag plaats gevonden naar troebel water met een toenemende visbiomassa.

Figuur 35: ontwikkeling visstand Binnenschelde vanaf 1993 (Witteveen en Bos, 2016)



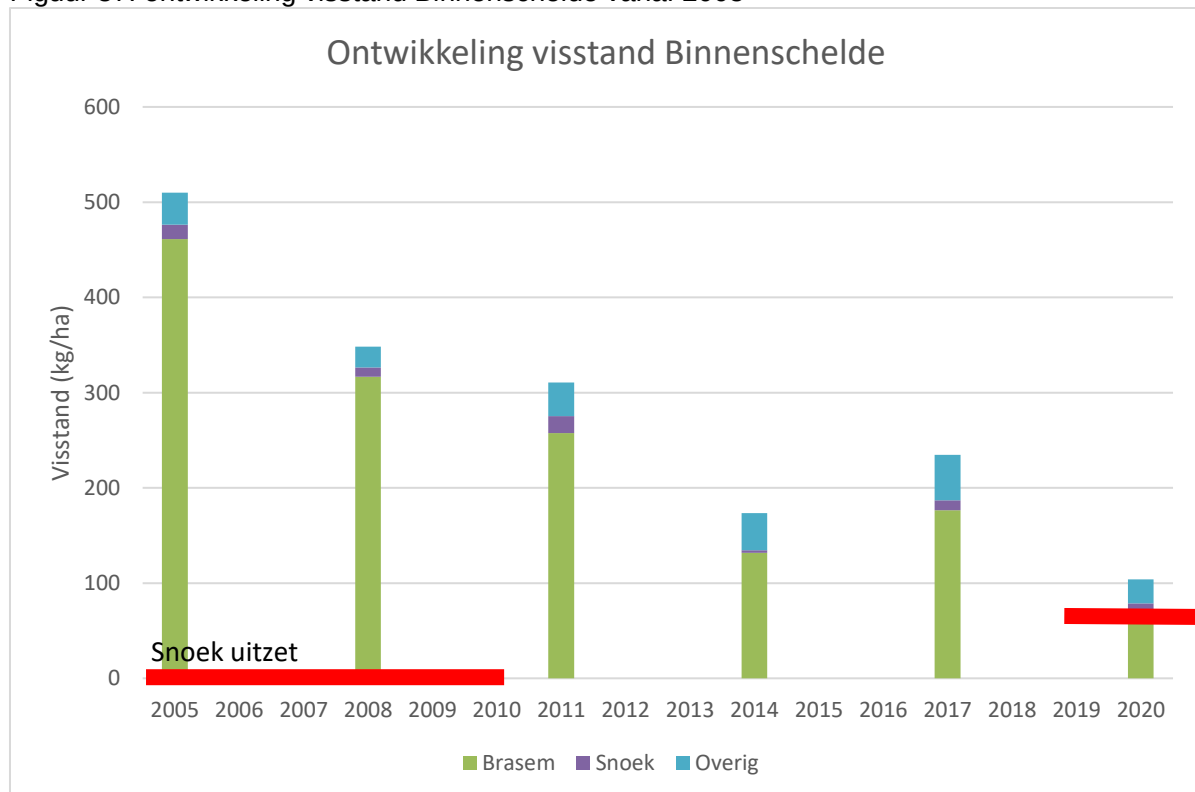
Om de omslag naar troebel water tegen te gaan is er vanaf 1997 snoek gekweekt in een speciaal daarvoor aangelegd paaigebied (figuur 36) en deze snoek is uitgezet in de Binnenschelde. Deze uitzet is helaas te laat begonnen om de toename van brasem tegen te gaan. De uitzet van snoek heeft plaatsgevonden van 1997 t/m 2010 en is weer gestart in 2019 (figuur 37).

Figuur 36: vispaaiplaats naast de Binnenschelde, voorjaar 2021



In 2005 was de visbiomassa 500 kg/ha (in de jaren 1999-2004 zijn geen data beschikbaar). Daarna is de visbiomassa weer gestaag gaan afnemen. Deze afname ging ook door in de periode dat de snoek uitzet weer was stopgezet (tussen 2011 en 2018 vond geen uitzet plaats), maar het lijkt erop dat het effect in 2017 was uitgewerkt. Dat jaar was de visbiomassa weer toegenomen. Tijdens de laatste bemonstering in het najaar/winter van 2020 was de visbiomassa op zijn laagst, namelijk 104kg/ha. In 2019 is de uitzet van snoek weer begonnen (figuur 37).

Figuur 37: ontwikkeling visstand Binnenschelde vanaf 2005

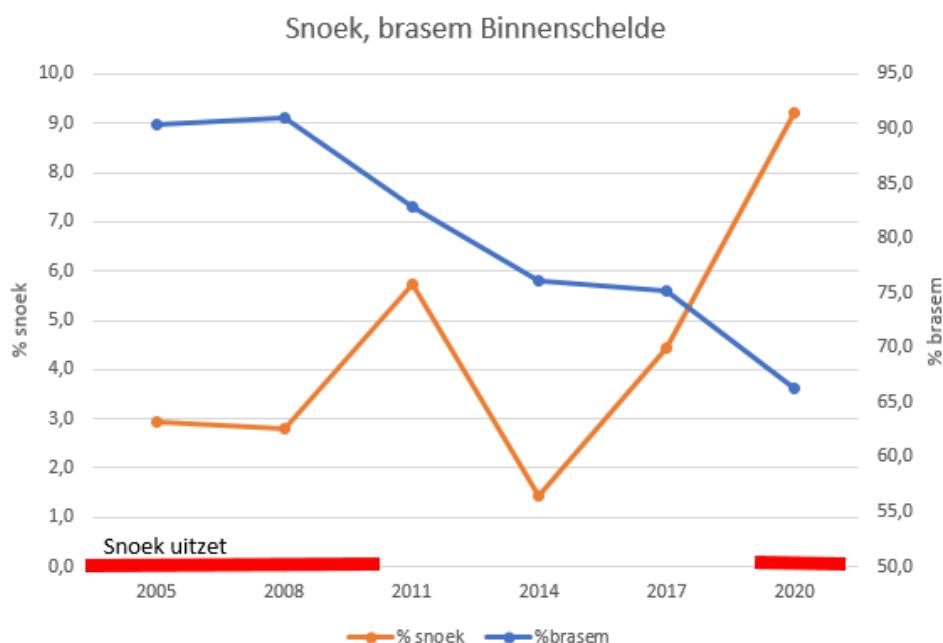


Vanaf 2005 neemt het percentage brasem langzaam maar gestaag af. Het percentage snoek verloopt wisselvalliger en is het laatste jaar opvallend hoog (figuur 38 en 39). In 2020 zijn voornamelijk eenzomerige snoeken aangetroffen, waarschijnlijk uitgezet vanuit het paaigebied. In 2017 zijn vooral oudere exemplaren gevangen van rond de 50cm, in die periode heeft geen uitzet plaats gevonden. In 2014 zijn er te weinig snoeken gevangen om hier iets over te zeggen. Met deze data is het lastig om te concluderen wat het effect van het actief uitzetten van snoek uit het vispaaigebied. Er lijkt geen sterke invloed, maar het kan goed dat de effecten vanuit 2010 lang hebben doorgewerkt en dat de uitzet vanaf 2019 heeft bijgedragen aan de lage visbiomassa in 2020.

Figuur 38: tabel percentage brasem en snoek Binnenschelde

	%brasem	%snoek
2005	90,5	2,9
2008	91,0	2,8
2011	82,9	5,7
2014	76,1	1,4
2017	75,2	4,4
2020	66,3	9,2

Figuur 39: grafiek percentage brasem en snoek Binnenschelde



Visstand in relatie tot totaal fosfor (TP)

In 'Ontwerp paai- en opgroeigebied Binnenschelde' (Witteveen en Bos 1994) is een inschatting gemaakt van de draagkracht van het gebied. De huidige visstand (2020) ligt zeer dicht bij de te verwachte visstand bij een fosforconcentratie (TP) van 0,05mg/l (figuur 40). De gemiddelde werkelijke jaarconcentratie fosfor van de voorgaande 3 jaar (2018-2020) is 0,09mg/l.

Figuur 40: te verwachten visstand bij verschillende fosforconcentraties (Witteveen en Bos, 1994)

Fosforconcentratie (mg P/l)	0,05	0,08	0,1
Totale visstand (kg/ha)	110	130	150
Planktivore productie (kg/ha)	90	100	120
Benodigde reductie van planktivore vis door roofvis (kg/ha)	70	80	100

Figuur 40 is gebaseerd op de bevindingen van Hanson & Legget (1982). Zij hebben ontdekt dat de beste univariabele voorspeller voor de visbiomassa totaal fosfor is. De empirische formule:

$$\log FC = 0.708 \log TP + 0.774$$

FC = visbiomassa in kg/ha = 104

TP = totaal fosfor in $\mu\text{g/l}$ = 90 (periode 2018-2020)

Huidige P = 0,09 mg P/l waarbij de verwachte visstand is 144 kg/ha.

Bij huidige visstand 104 kg/ha past een fosforconcentratie van 0,057 mg P/l

Een substantieel verdere daling van de totale visstand valt bij de huidige TP concentratie niet te verwachten. Wel is nog een verbetering van de verhouding tussen brasem en plantminnende vissen nodig, bij dit systeem past een hoge snoekstand. Bij een concentratie van 0,09mgP/l is een snoekstand benodigd van ca. 58kg/ha en die is nu ca. 10kg/ha waarbij sprake is van actief snoekbeheer (Witteveen en Bos, 1994). In de huidige situatie is de hoeveelheid ondergedoken (submerse) vegetatie te laag voor een gezonde snoekstand. Het ontwerp van de vispaaiplaats en het daarmee bereikte areaal aan emerse vegetatie is berekend op een hoge vegetatiebedekking zoals van voor 1996 door Witteveen en Bos (1994). Inmiddels is de ondergedoken vegetatie flink verminderd en is de aanvullende hoeveelheid emerse vegetatie in het paaigebied en in het overwinteringsgebied ontoereikend voor de beoogde snoek productie.

Na een omslag naar helder water is de verwachting dat het areaal submerse vegetatie hoog is. Om de benodigde snoekstand te bereiken en in stand te houden is daarbij nog 4-7% emergente oevervegetatie nodig (Witteveen en Bos, 1994). Het benodigde areaal aan emergente vegetatie is nu gecompenseerd in het naastgelegen paai- en opgroeigebied (ca. 14 ha) en het overwinteringsgebied met veel emergente vegetatie (ca. 5 ha op de Bergse Plaat). De uitwisseling tussen dit gebied en de Binnenschelde is echter niet optimaal. Dit wordt momenteel voor een groot gedeelte gecompenseerd door het overzetten van snoekbroed. Daarnaast wordt door Witteveen en Bos geadviseerd om ook overwinteringsareaal binnen de Binnenschelde te realiseren. Vooral de emergente vegetatie ontbreekt op dat gebied en die is niet alleen van belang voor overwintering maar ook als leefgebied en paai- en opgroeigebied. De belangrijkste meerwaarde van emerse vegetatie is dat deze ook in de winter aanwezig is en structuur biedt.

Invloed vanuit het Zoommeer

De soorten en aantallen vis in het Zoommeer kunnen effect hebben op de visstand in de Binnenschelde. Voor de Binnenschelde is dit namelijk de belangrijkste potentiële bron voor nieuwe soorten, naast de meer beperkte overbrenging van eitjes via vogels. In de praktijk trekt een inlaat als deze echter niet actief vissen aan, omdat er geen sprake is van een lokstroom. Er zal zeer weinig vis door de inlaat mee naar binnen komen. De vis die naar binnen komt beperkt zich tot visbroed welke zich toevallig vlak voor de inlaat bevindt en die tijdens het aanzetten van de inlaat onvrijwillig naar binnen wordt gezogen. Daarnaast kunnen visseneieren meekomen met vogels. Deze hoeveelheden zijn verwaarloosbaar klein. Waarschijnlijk is de zwartbekgrondel via de inlaat of via vogels naar binnen gekomen rond 2012, voor dat jaar is hij niet waargenomen.

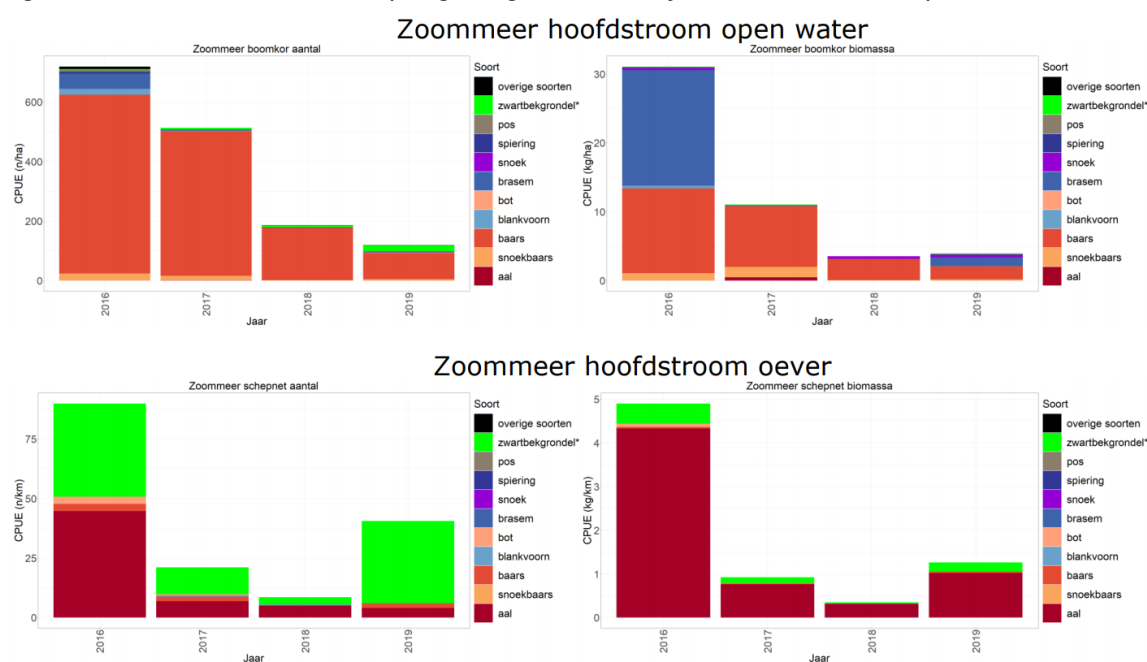
Ca. 10 jaar lang tot eind jaren '90 is er met een fijnmazige filterzak visbroed afgevangen (mondelinge mededeling G. Waajen) van de inlaat. Het idee was om vooral brasembroed en exoten af te vangen. Wat er met deze zak daadwerkelijk is afgevangen is niet bekend. Aangezien de verwachte instroom van vis zeer beperkt is en de visstand zich de laatste jaren (ook zonder afvang zak) gunstig ontwikkelt lijkt het niet zinvol om deze weer toe te gaan passen.

Uit de gegevens van Rijkswaterstaat blijkt dat zuurstoftolerante vissen in het Zoommeer geheel ontbreken en alleen de plantminnende soort snoek voorkomt (figuur 41). In het open water is brasem de meest voorkomende vis in kg/ha, gevolgd door baars. In de oeverzones aal in kg/ha en in aantallen de exoot zwartbekgrondel (figuur 42) ([Wageningen University & Research, 2020](#)).

Figuur 41: aanwezigheid van vissoorten in het Zoommeer, Eendracht tussen 1994 en 2020 (RWS)

Jaar	1994	2016	2017	2018	2019	2020
Soort						
Aal	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Baars	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Blankvoorn	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bot	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Brasem	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Chinese wolhandkrab	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Driedoornige stekelbaars	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dunlipharder	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Karper	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Marmergrondel	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Roofblei	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Snoek	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Snoekbaars	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Spieling	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Winde	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zwartbekgrondel	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figuur 42: visstand Zoommeer (Wageningen University en Research, 2020)



Toelichting op figuur 42: CPUE = Catch per Unit Effort

10. Mosselen

Waterschap Brabantse Delta heeft in 2020 kunststof mosselkatten geplaatst. Met deze katten is onderzocht of Quaggamosselen die veel voorkomen op het Volkerak Zoommeer ook in de Binnenschelde zouden kunnen groeien. Een mosselpopulatie kan bijdragen aan een blijvend helder en plantenrijk waterysteem. Tot en met begin mei 2021 zijn daar geen mosselen waargenomen. Wel zitten er mosselen in het pomphuis, waar sprake is van Zoommeer-water (mondelijke mededeling L. Jansen, Waterschap Brabantse Delta).

Er zijn geen mosselen waargenomen door Aquon in 2013. Ook tijdens macrofaunabemonsteringen in 2004 en 2011 zijn geen mosselen aangetroffen (Witteveen en Bos 2015).

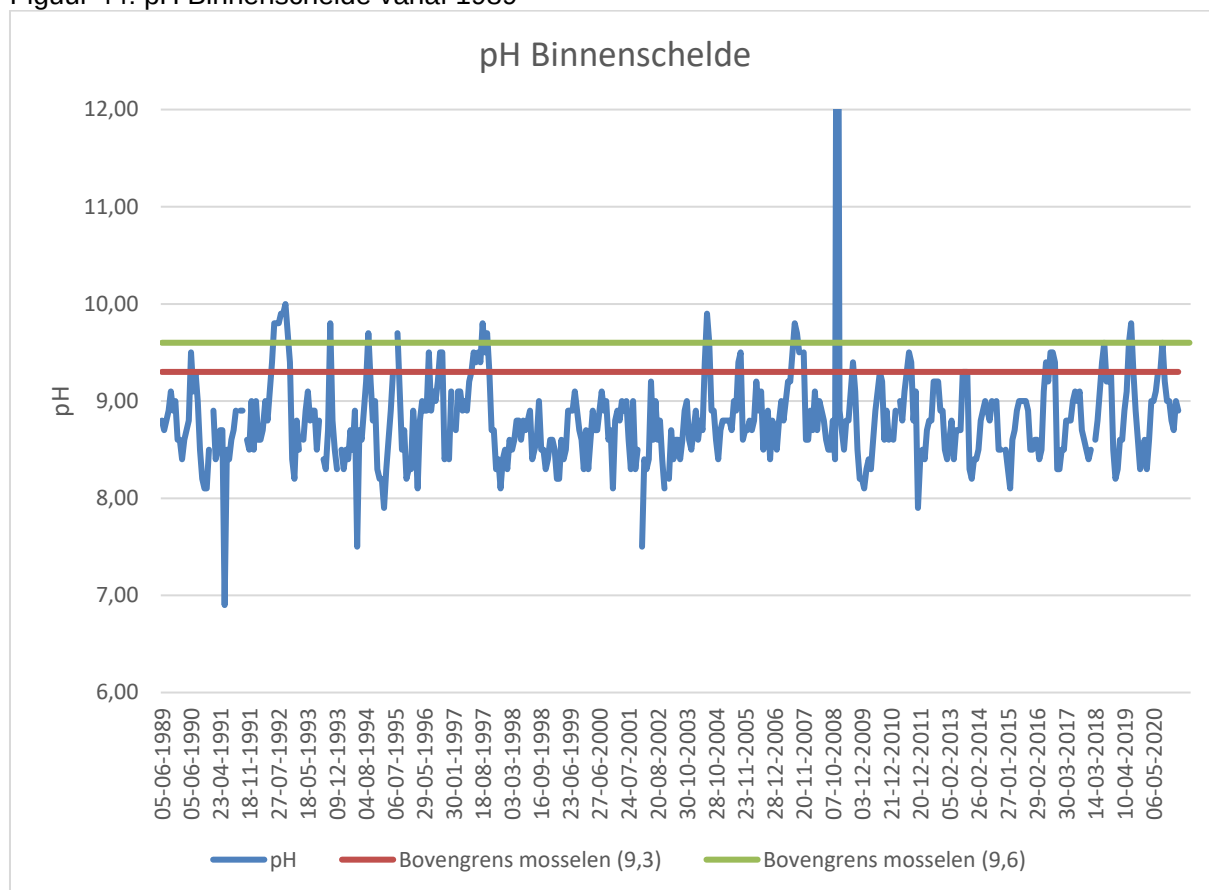
De meeste omstandigheden lijken prima voor driehoeksmosselen en quaggamosselen. Zoutgehalte, temperatuur, nutriënten, waterdiepte, doorzicht en chloridegehalte van de Binnenschelde zouden geen probleem moeten zijn (figuur 43). De hoeveelheid substraat is beperkt, maar ook het substraat dat er wel is blijft onbegroeid.

Figuur 43: toleranties Quaggamosselen, bron Stowa, factsheet Quaggamosselen in Nederland, verspreiding en implicaties voor het waterbeheer

FYSISCH-CHEMISCHE EIGENSCHAP	GROTE RIVIEREN	KANALEN	MEREN	FYSISCH-CHEMISCHE TOLERANTIES
Calcium (mg l ⁻¹)	35,0 - 92,1	39,2 - 105, 0	39,7 - 99,0	>12
Nitraat (mg l ⁻¹)	1,1 - 4,4	0,8 - 8,7	0,01 - 0,5	Geen data
Totaal fosfaat (mg l ⁻¹)	0,04 - 1,9	0,02 - 1,3	0,02 - 0,5	Geen data
Zuurstofsaturatie (mg l ⁻¹)	3,2 - 14,8	5, 18 - 12,8	8,7 - 15, 9	> 0,47
pH	7,3 - 8,5	7,2 - 8,3	8,3 - 10,4	Min: 7,4 Max: 9,3 - 9,6
Zoutgehalte (‰)	0,0 - 0,4	0,2 - 0,6	0,3 - 0,4	< 6 - 8
Temperatuur (°C)	1,1 -26,8	0,6 - 24, 1	0,2 - 21,0	0 - 36,4
Stroomsnelheid (cm s ⁻¹)	1 - 2,2	3 - 7	n.v.t.	0 - 140

Wat mogelijk een beperkende factor is, is de zuurgraad. De pH bovengrens voor de driehoeksmossel ligt tussen 9,3 en 9,6 en de ondergrens is ongeveer 7,4 (sportvisserij Nederland, 2014, figuur 43). Die bovenwaarden worden regelmatig overschreden en zijn dus mogelijk een beperkende factor (figuur 44). Een groot deel van de hoge pH wordt veroorzaakt door algenbloei, maar ook is de waterbodem zeer rijk aan calcium (B-Ware, 2015).

Figuur 44: pH Binnenschelde vanaf 1989



11. Vegetatie

KRW-doelstelling en KRW-score

In de KRW-maatlatten staat de gewenste vegetatie voor dit type water, M14, weergegeven (figuur 45). In de Binnenschelde is het GEP iets lager gesteld op een EKR van 0,55.

Figuur 45: maatlaat voor abundantie groeivormen vegetatie M14 (Stowa, 2018)

Groeivorm	Slecht	Ontoereikend	Matig	Goed	Zeer goed	Referentiewaarde
Submerse vegetatie	0 - 1%	1 - 3%	3 - 25%	25 - 45%	45 - 100%	65%
Drijvende vegetatie	0 - 0,1%	0,1 - 0,5%	0,5 - 1%	1 - 5%	5 - 20%	10%
		40 - 100%	30 - 40%	20 - 30%		
Emerse vegetatie	0 - 1%	1 - 3%	3 - 5%	5 - 10%	10 - 75%	15%
Oevervegetatie	0 - 20%	20 - 40%	40 - 60%	60 - 80%	80 - 100%	90%

Toelichting figuur 45:

Voor emerse en drijfbladvegetatie geldt het doel voor de zone van 0-1m diep

Voor de submerse zone geldt het doel voor de zone van 1-3m diep

Voor een score goed op de deelmaatlat oevervegetatie moet een minimaal 15m brede rietkraag aanwezig zijn over tenminste 60% van de oeverlengte.

Volgens de KRW opname ontbreken drijfbladplanten en is er erg weinig emerse- en oevervegetatie (figuur 46).

Figuur 46: Deelmaatlatscores vegetatie 2017 (M14) Binnenschelde

Binnenschelde	2017
Eindscore	0,488
Submers	0,564
Drijfblad	0
Emers	0,3
Oever	0,167

Vlakdekkende opname 2019

In 2019 is een vlakdekkende opname gemaakt (Aquon, 2019). Deze opname kan niet 1 op 1 vertaald worden naar een KRW score, het is onduidelijk of de percentages hiervoor ten opzichte van het juiste begroeibaar areaal zijn bepaald.

Volgens de tabel is er alleen emerse vegetatie en ondergedoken vegetatie waargenomen. Drijvende vegetatie is niet aanwezig (figuur 47). De ondergedoken vegetatie bestaat voornamelijk uit ruw kransblad en schedefonteinkruid, zoals ook bij de referentiesituatie past (figuur 48). De bedekking komt goed overeen met de ondiepere delen van het meer. De oever is apart in beeld gebracht.

Figuur 47: bedekkingslagen Binnenschelde 2019 (Aquon, 2019)

bedekkingslagen	
bedekking draadalgen	0%
bedekking drijfslag vegetatie	0%
bedekking emerse laag vegetatie	3%
bedekking flab of darmwier	0%
bedekking kroos of kroosvaren	0%
bedekking submerse laag vegetatie	15%
bedekking totaal vegetatie	18%

Figuur 48: waterplantenbedekking Binnenschelde 2019 (Aquon, 2019)



Op de meeste trajecten is een aaneengesloten rietkraag van 2-25m breed aanwezig. Op andere trajecten ontbreekt begroeiing of zijn af en toe rietplukken aanwezig. Ongeveer 80% van de totale oeverlengte is begroeid. Er komen geen andere soorten voor dan riet en de best ontwikkelde rietkraag ligt aan de noordoostzijde (figuur 49).

Figuur 49: bedekking oeervegetatie Binnenschelde 2019 (Aquon, 2019)



De grootste knelpunten voor een goede KRW-score zijn de beperkte oever- en emerse begroeiing en het ontbreken van drijfbladvegetatie. De oeverzone is beperkt door steile oevers met steenbestorting en dat areaal is lastig om uit te breiden en zeker om daarmee het doel te halen.

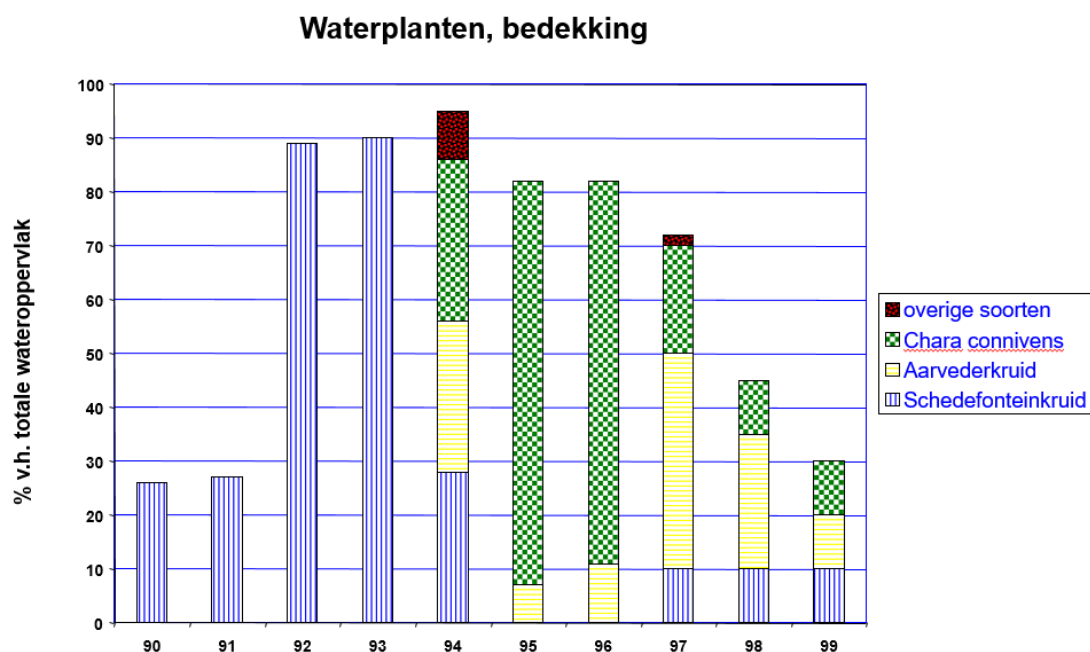
Drijfbladvegetatie is relatief eenvoudig om uit te zetten. Er lijken geschikte plekken te zijn die niet te diep zijn en relatief luw gelegen. De tijd zal vervolgens moeten uitwijzen of de vegetatie stand houdt. In dat geval levert een klein bedekkingspercentage (1% = score goed) al een grote meerwaarde voor de KRW-score vegetatie. Bovendien bieden drijfbladplanten veel mogelijkheden voor macrofauna en vis en remmen ze windwerking en algengroei.

Indien drijfbladvegetatie geen stand houdt zouden de doelen hierop verder aangepast kunnen worden, of kan overwogen worden om luwtes te creëren waarmee alle soorten kunnen worden bevorderd. Een doel van 0,55 lijkt nog tamelijk hoog bij deze beperkte bedekkingen aan oever en emers en zeker bij het uitblijven van drijfbladvegetatie.

Historische ondergedoken vegetatie bedekking

In de jaren negentig is de waterplanten bedekking veel hoger geweest. Jarenlang is sprake geweest van een bedekking van 80-90%. Aanvankelijk was er alleen schedefonteinkruid, maar vanaf 1994 maakte dat plaats voor gebogen kransblad (*Chara connivens*) en in minder mate aarvederkruid. Rond die tijd is ook de totale bedekking af gaan nemen naar 30% in 1999 (figuur 50). Deze afname is gelijk op gegaan met de toename van vis.

Figuur 50: historische waterplantenbedekking Binnenschelde



12. Analyse Ecologische sleutelfactoren

ESF 1 Productiviteit Water

De verblijftijd is langer dan 21 dagen. De ESF aanpak geeft aan dat in dat geval de belasting en de kritische belasting bepaald moeten worden. De N/P verhouding is 37 gN/gP, waardoor fosfor het limiterend nutriënt zal zijn (Witteveen+Bos, 2016). Daarom is de belasting van P verder uitgewerkt.

Externe belasting

De gemiddelde externe belasting over de periode 1990-2015 bedraagt ongeveer (Witteveen+Bos, 2016):

0,3 mgP/m²/dag.

Interne belasting

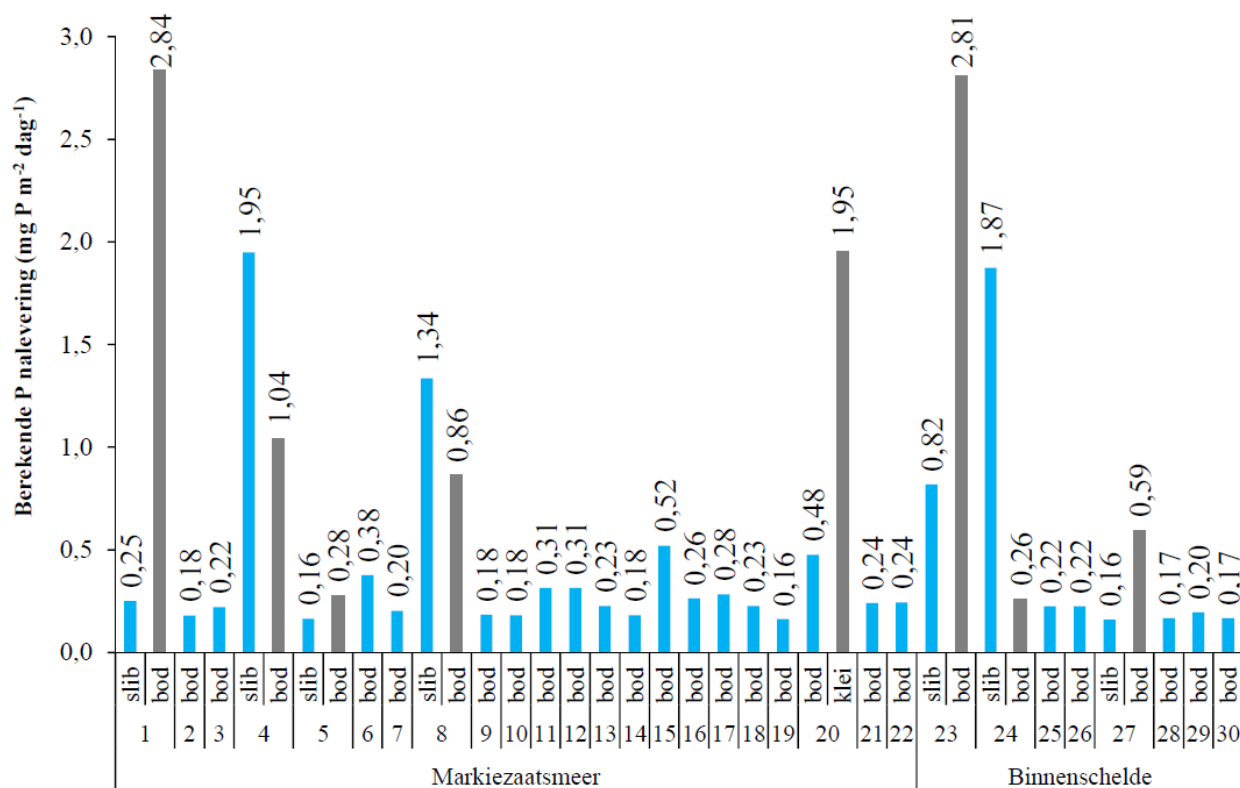
In 2015 heeft B-Ware de nalevering uit de waterbodem bij 15°C berekend volgens de Baggernet formule, onder aerobe omstandigheden. Hieraan zitten veel onzekerheden en aannames, dus het geeft een grove indicatie van de mogelijke nalevering. Daaruit komt een gemiddelde nalevering (figuur 51) van:

Slibarme locaties (N=5): 0,2 mgP/m²/dag

Sliblaag(N=3): 1,0 mgP/m²/dag

Gemiddelde van sliblaag en slibarme locaties: 0,5 mgP/ m²/dag

Figuur 51: berekende nalevering uit de waterbodem van het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde (B-Ware, 2015)



Onder zuurstofloze omstandigheden neemt de nalevering toe en bij ca. 25°C is de nalevering ca. 1,6x hoger dan bij 15°. Dankzij de hoge Fe/P ratio zou de werkelijke nalevering lager kunnen blijven.

Op twee locaties is de nalevering ook gemeten in augustus 2015 (zie tabel) op een slibrijke locatie (24) en een slibarme locatie(28). De gemeten naleveringen zijn respectievelijk 0,73 en 0,03 mg/m²/dag.

Figuur 52: berekende en gemeten P-nalevering in mg P/m²/dag (B-Ware, 2015)

Loc.		Veld Maart	Kolom Augustus 2015			
		Aeroob Berekend	Aeroob Berekend	Gemeten	Anaeroob Berekend	Gemeten
Binnenschelde	24	1,87	0,69	0,73	1,05	2,38
	28	0,17	0,36	0,03	0,23	-0,01
Markiezaatsmeer	4	1,95	6,04	14,34	9,86	17,71
	9	0,18	0,47	0,03	0,64	0,75

Uit de verschillende cijfers kunnen we concluderen dat de nalevering in de Binnenschelde op verschillende locaties waarschijnlijk over het algemeen tussen de (bijna) 0 en 2 mgP/ m²/dag ligt.

Gemiddeld gezien over de gehele Binnenschelde zal de nalevering vanuit de toplaag waarschijnlijk rond **0,5 mgP/ m²/dag** liggen.

Totale P belasting versus kritische belasting

De kritische fosfor belasting is bepaald door Witteveen en Bos (2016). De kritische grenzen zijn bij een debiet van 3,3mm/dag:

Troebel --> helder **0,1**

Helder --> troebel **1,1**

Indicatief wordt de fosforbelasting geschat op (gebaseerd op meerdere aannames)

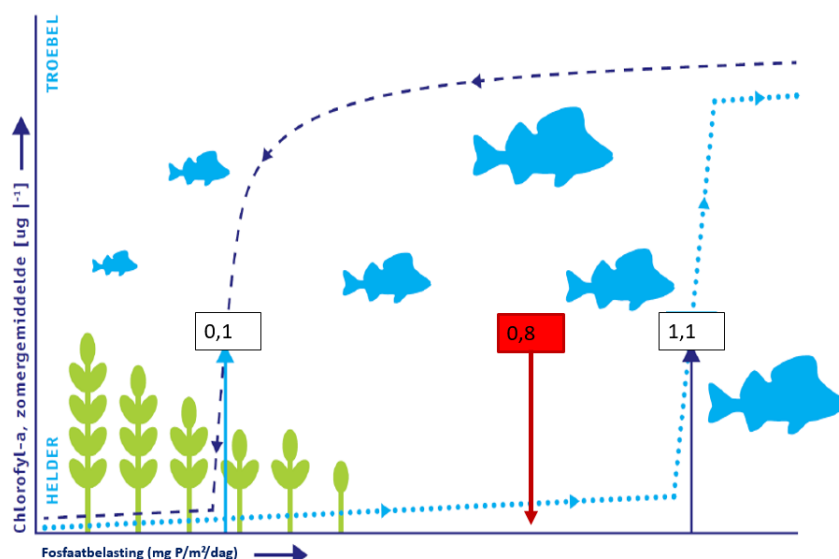
Externe belasting 0,3 mgP/m²/dag

Interne belasting 0,5 mgP/m²/dag

Totale P-belasting **0,8 mg P/m²/dag**

De totale belasting ligt tussen beide kritische grenzen (figuur 53). Voor een omslag van troebel naar helder is dit globaal een factor 8 te hoog. Voor die omslag is zelfs de interne belasting vanuit de waterbodem al te hoog.

Figuur 53: kritische P belasting versus actuele P belasting



De omslag van helder naar de huidige troebele toestand heeft plaats gevonden in 1996. De oorzaak is waarschijnlijk een plotselinge P-nalevering vanuit de waterbodem naar de waterfase in de zomer van 1996. Het water werd toen aan de bodem zuurstofloos door afstervende watervegetatie en het fosforgehalte liep in 1 maand op van 0,1mgP/l naar 0,4mgP/l (Witteveen en Bos, 2016).

Uit de meetgegevens van B-Ware (2009) blijkt dat de diepere bodemlagen meer fosfor bevatten dan de huidige toplaag. De nieuwere sliblagen bevatten steeds minder fosfor en de potentiële nalevering neemt dan ook langzaam meer zeker steeds verder af. Het risico dat er vanuit een heldere situatie door plotselinge nalevering vanuit de waterbodem weer een omslag plaats vindt naar troebel wordt daarmee waarschijnlijk over de jaren steeds kleiner.

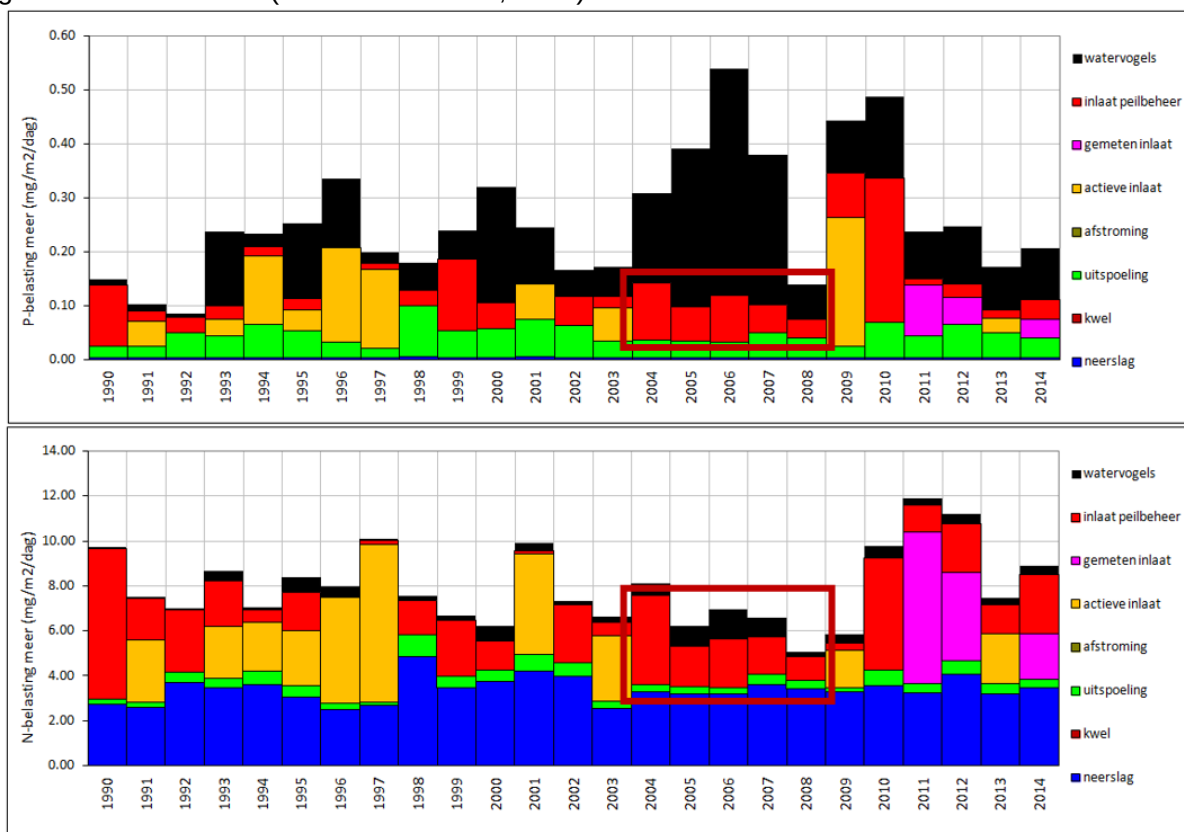
Herkomst externe fosforbelasting

Watervogels leveren grofweg de helft van de externe belasting in de laatste onderzochte jaren (2011-2014), maar kunnen in sommige jaren een nog aanzienlijk groter aandeel leveren terwijl het in andere jaren minder is. De inlaat levert grofweg 1/3^e van de fosforbelasting (figuren 54 en 55)(Witteveen en Bos, 2016).

Figuur 54: belasting inkomende stromen per bron (Witteveen en Bos, 2016)

Binnenschelde	waterstroom	totaal P (mg/l)	totaal N (mg/l)	toelichting
ingaaand	neerslag	0,0016	1,5	op basis van landelijk meetnet RIVM
	kwel	0.5	5	totaal P: hoogst gemeten concentratie in het grondwater rondom de Binnenschelde op 1,5 m diepte (2 metingen) totaal N: aanname dat N/P-verhouding van 10
	inlaat Zoommeer	tijdreeks	tijdreeks	op basis van metingen van RWS in het Schelde-Rijnkanaal en het Krammer-Volkerak
	afstroming	0.3	3	totaal P: gemiddelde concentratie in het grondwater rondom de Binnenschelde op 1,5 m diepte (2 metingen) totaal N: aanname dat N/P-verhouding van 10
	uitspoeling	0.3	3	idem

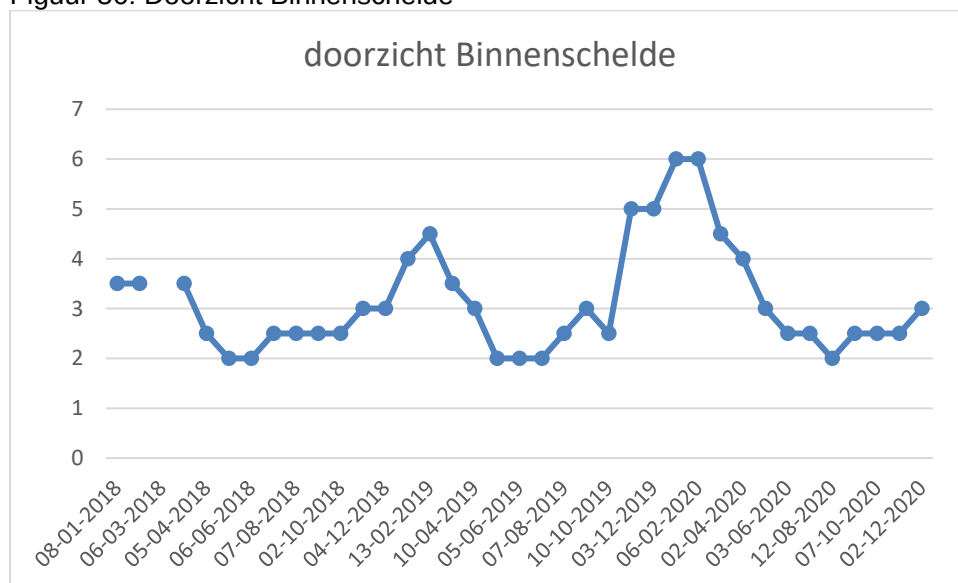
Figuur 55: stofbalans P (Witteveen en Bos, 2016)



ESF 2 Lichtklimaat

Het doorzicht is erg laag, het zomerhalfjaargemiddelde ligt de laatste jaren rond 25cm. De diepte waarop de meeste ondergedoken waterplanten maximaal kunnen groeien is daarmee ongeveer 40-45cm (doorzicht * 1,7m) (figuren 56 en 57).

Figuur 56: Doorzicht Binnenschelde



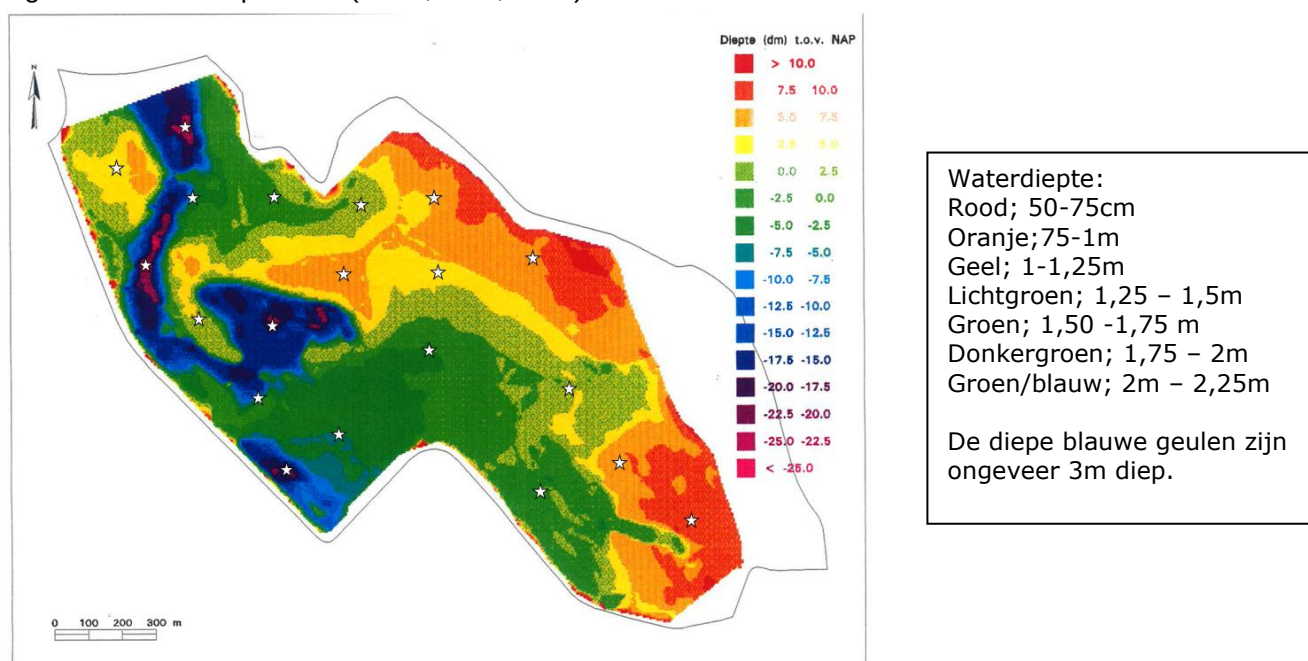
Figuur 57: Zomerhaljaargemiddelde doorzicht en groeidiepte waterplanten Binnenschelde

Doorzicht	Zhlfj gem	groeidiepte
2015	29	50
2016	29	50
2017	27	45
2018	23	40
2019	24	41
2020	28	47

Waterdiepte

Waterplanten kunnen ongeveer groeien tot een diepte van 50cm, dat komt overeen met het rode gedeelte op de dieptekaart (figuur 58). In de praktijk komen waterplanten ook nog dieper voor. In het oostelijk deel komen de ondiepere zones voor (bij een peil van ongeveer +1,5m NAP) en daar groeien ook de meeste waterplanten.

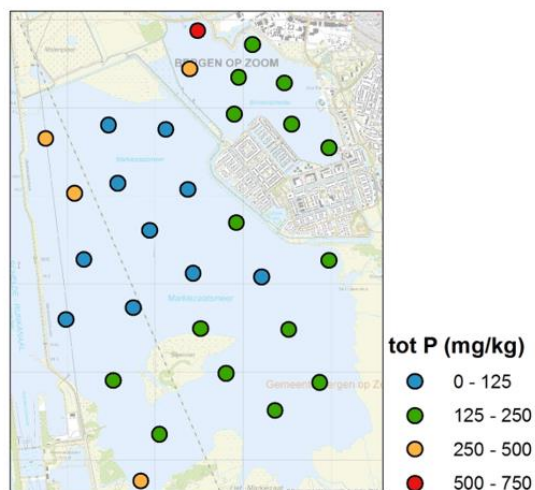
Figuur 58: waterdieptekaart (RWS, Riza, 1993)



ESF 3 Productiviteit Bodem

De Stowa geeft aan dat een totaal-P gehalte van de bodem lager dan 500mg/kg bodem geen belemmering is voor de ontwikkeling van een soortenrijke en niet-woekerende onderwatervegetatie. In de Binnenschelde is de productiviteit van de waterbodembodem alleen in het meest noordelijke deel te hoog (figuur 59). In zijn algemeenheid vormt de productiviteit van de waterbodembodem geen probleem.

Figuur 59: totaal P gehalte 2015 in bovenste laag van de waterbodem (B-Ware, 2015)



ESF 4 Habitatgeschiktheid

ESF 1 en 2

Momenteel zijn ESF 1 productiviteit water en ESF 2 lichtklimaat de belangrijkste beperkende factoren wat betreft habitatgeschiktheid.

Diepte

De diepte varieert van 50cm tot ca. 3m in de oude geulen. De gemiddelde diepte is ongeveer 1,5m en vormt daarmee geen probleem.

Talud

De taluds zijn behoorlijk steil, er zijn weinig echt ondiepe zones die geschikt zijn voor oevervegetatie of emerse vegetatie. Bovendien zijn de taluds veelal voorzien van stortsteen wat de vestiging van vegetatie bemoeilijkt.

Peilfluctuatie

Er is sprake van een vrijwel vast peil wat de ontkieming van oeverplanten bijna onmogelijk maakt.

Golfslag en stroming

De strijklengte van zuid-west naar noord-oost (overheersende windrichting) is ruim 1 km, waardoor golfslag wel een beperkende factor is voor de (spontane) ontwikkeling van vegetatie. De westelijke kant van het meer is redelijk beschut wat betref overheersende windrichting, maar is ook het diepst.

Van stroming is geen sprake.

Substraatype

De bodem bestaat hoofdzakelijk uit zand en klei en vormt geen belemmering. In de oevers is ook stortsteen aanwezig wat de vestiging van oeverplanten bemoeilijkt (figuur 60).

Figuur 60: oeverzone Binnenschelde



ESF 5 Verwijdering

In de waterlichaam is sprake van verwijdering op de volgende manieren:

- Mechanische verwijdering; Maaien van waterplanten in de zwemzone. Het oppervlakte is beperkt, ca. 2ha. Dat is zo weinig dat daar geen substantiële invloed van wordt verwacht op het watersysteem. In de KRW-verkenner is ervan uitgegaan dat er in de toekomst weer helder water is en dat er dan sprake is van verwijdering van 50%.
- Begrazing; op de plas zijn perioden met veel watervogels die waterplanten verwijderen. De grootste invloed wordt echter verwacht vanuit begrazing door brasem.

In de Binnenschelde is in 2020 ongeveer 69 kg/ha aan brasem aangetroffen. Dit zijn hoeveelheden die een serieuze impact hebben op de ontwikkeling van waterplanten.

Uit de fosforbalans van Witteveen en Bos (2016) blijkt dat in sommige jaren veel watervogels aanwezig zijn. Vooral in de jaren 2004 t/m 2007. Vooral in die jaren zal er ook effect op de watervegetatie zijn geweest.

Het huidige effect van verwijdering lijkt beperkt, het begroeibaar areaal onder de huidige lichtcondities komt goed overeen met het begroeide areaal. Bij verbetering van de lichtcondities kan de uitbreiding van ondergedoken waterplanten wel sterk geremd worden door de huidige visstand of een nieuwe toename van de watervogels.

In de huidige situatie zijn ruw kransblad, schedefonteinkruid, grof hoornblad en aarvederkruid waargenomen. In het verleden ook gebogen kransblad. De zeer hoge dichtheden aan brasem vanaf ongeveer 2000 kunnen een belangrijke rol hebben in het verdwijnen daarvan in combinatie met het verslechteren van het lichtklimaat.

ESF 6 Verspreiding

Voor vis is de ecologische sleutelfactor verspreiding een probleem, door een gebrek aan verspreidingsmogelijkheden. Er wordt alleen water ingelaten op een locatie waar geen sprake is van uitlaat. Daardoor is er geen lokstroom en zal vis niet actief op de inlaat afkomen. De inlaat zal hooguit zeer kleine aantallen visbroed mee naar binnen pompen, waarbij ook nog kans is op beschadiging. Het betreft dan visbroed die zich toevallig voor de inlaat ophoudt op het moment dat deze wordt aangezet. Deze hoeveelheden zijn waarschijnlijk zo klein dat ze geen significante rol spelen in de verspreiding van soorten. Bovendien is het inlaatwater arm aan soorten, ook in het Zoommeer ontbreken de gewenste soorten voor de Binnenschelde. De gewenste zuurstoftolerante soorten en in mindere mate ook de ontbrekende plantminnende soorten kunnen niet of nauwelijks op eigen kracht de Binnenschelde bereiken.

Ook voor ontbrekende waterplanten zal de aanvoer van zaden en andere verspreidingsvormen zeer beperkt zijn. Ook in het Zoommeer is het aantal soorten zeer beperkt. Indien er geen kiemkrachtige zaden meer in het meer aanwezig zijn zal de ontwikkeling van ontbrekende soorten op eigen kracht zelfs onder ideale omstandigheden moeilijk zijn. Dit zal voornamelijk voor emergente soorten en drijfbladplanten het geval zijn.

ESF 7 Organische Belasting

De organische belasting beperkt zich tot:

- Vogels

Vogels zijn in sommige jaren in grote aantallen aanwezig, in andere jaren valt de invloed van de vogels mee. Het is niet mogelijk en vooral niet wenselijk de hoeveelheid vogels te beïnvloeden. Bovendien gaat hem natuurlijke hoeveelheden die ook bij een gezond ecosysteem horen. Naast de Binnenschelde ligt het Vogelrichtlijngebied het Markiezaatsmeer.

ESF 8 Toxiciteit

Uit de monitoring voor de KRW blijkt dat de normen voor ammonium en esfenvaleraat worden overschreden.

Ammonium wordt in nagenoeg alle oppervlaktewateren overschreden, waaronder ook het inlaatwater.

Esfenvaleraat is een insecticide en kan dus mogelijk effect hebben op de macrofauna. De aanwezigheid van deze stof is niet onderzocht in de Binnenschelde, maar geprojecteerd vanuit een ander waterlichaam. Het is dus niet bekend of deze stof daadwerkelijk boven de norm aanwezig is in de Binnenschelde. Volgens de KRW-factsheets is deze stof niet aangetroffen in het inlaatwater uit het Zoommeer. Dat zegt niet met zekerheid dat de stof daar niet in aanwezig is, het kan ook zo zijn dat de stof niet door RWS onderzocht is. Andere stoffen die wel worden overschreden in het Zoommeer zijn echter ook niet aangetroffen in de Binnenschelde.

Bij het waterschap loopt momenteel een uitgebreider onderzoek naar de effecten van toxiciteit, waarbij ook de Binnenschelde wordt onderzocht. Waarschijnlijk zijn de gegevens begin 2022 beschikbaar.

De pH is zo hoog dat deze waarschijnlijk toxisch is, in elk geval voor mosselen, maar wellicht ook voor sommige macrofauna en vissen. De hoge pH is echter natuurlijk en waarschijnlijk geen belemmering voor een gezond ecosysteem met soorten die een hoge pH kunnen verdragen.

Aangezien er nog onderzoek loopt en de pH erg hoog is staat deze ESF op oranje.

ESF 9 Context

Voor de context is voornamelijk het huidige gebruik bepalend. De plas heeft een belangrijke recreatiefunctie. Vooral de zwemwaterfunctie en recreatie zoals windsurfen zijn van belang.

Herstel van de ecologische kwaliteit vermindert de risico's op blauwalgenbloei. Het leidt echter wel tot meer waterplantengroei en daarmee mogelijk tot hinder voor zwemmen, varen en vissen.

In het visplan staat ondermeer het volgende wat strijdig kan worden met verbetermaatregelen:

- De komende jaren aandacht schenken aan baggeren
- De uitbreiding van oeverbegroeiing met over het algemeen riet binnen de perken houden vanwege steeds minder visplaatsen
- Het in het late voorjaar en zomer veelvuldig voorkomen van onderwaterplanten geeft veel problemen voor de watersport en sportvisserij. Vooral na het maaien heeft de sportvisserij hier veel problemen mee.

13. Maatregelen

Verwacht wordt dat zonder het nemen van verbetermaatregelen de waterkwaliteit van de Binnenschelde nog lange tijd onvoldoende blijft, met troebel water en regelmatig risico op blauwalgenbloeien. Een spontane omslag naar een robuust helder en biodivers watersysteem met waterplanten en een sterk verminderd risico op blauwalgenbloeien wordt niet verwacht (Witteveen+Bos, 2016). Omdat de voorgestelde toekomstige verbrakking van het Volkerak-Zoommeer onzeker is en in ieder geval nog lang op zich laat wachten, is in de watersysteemanalyse (Witteveen+Bos, 2016) een verkenning uitgevoerd gericht op de mogelijkheid om het water in de huidige (nagenoeg zoete) toestand helder te maken.

Toediening van een flocculant in combinatie met actief visstandbeheer zou geforceerd kunnen leiden tot een heldere waterlaag, waardoor een structurele omslag van het huidige door blauwalgen en brasem gedomineerde watersysteem naar een helder en door waterplanten gedomineerd watersysteem in de Binnenschelde plausibel werd geacht. Nader onderzoek is uitgevoerd naar de effectiviteit van flocculanten in de Binnenschelde, waarbij mede aandacht is besteed aan mogelijkheden voor het beperken van de P-nalevering vanuit de waterbodem (De Roo, 2017; Van Diggelen & Smolders, 2018 en 2019; Van Diggelen et al., 2020). Aangetoond is dat deze aanpak onder de specifieke fysische en chemische omstandigheden van de Binnenschelde onvoldoende effectief is.

Gebaseerd op deze resultaten wordt voor de structurele verbetering van de huidige situatie een pakket verbetermaatregelen noodzakelijk geacht dat zich richt op

1. Beperking van de belasting met nutriënten (met focus op P)
2. Verhogen van de kritische belastinggrenzen voor nutriënten (met focus op P)
3. Ingrepen in het voedselweb.

Een combinatie van maatregelen zal naar verwachting leiden tot een geleidelijke vermindering van de voedselrijkdom van de Binnenschelde en verhoging van de draagkracht voor nutriënten, waarbij de ingrepen in het voedselweb de verbeterde situatie bestendigen en versterken. Op termijn van meerdere jaren zal hierdoor de dominantie van blauwalgen verminderen, zullen waterplanten zich gaan uitbreiden en zal de helderheid van het water toenemen. De met flocculant in combinatie met actief visstandbeheer beoogde geforceerde (snelle) omslag naar een helder watersysteem is met deze aanpak echter niet te verwachten.

In de huidige situatie bevindt de P-belasting zich tussen beide omslagpunten (figuur 53). Het bepalen van beide omslagpunten is met een onzekerheid van plus of min 30 tot 40% omgeven (Janse et al., 2010). Daarnaast is het bepalen van de actuele P-belasting met de nodige onzekerheden omgeven. Beide factoren leiden ertoe dat de kans op succes (=realisatie van een structureel helder watersysteem met dominantie van ondergedoken waterplanten en een sterk verminderd risico op blauwalgenbloei) wordt vergroot door het zoveel mogelijk reduceren van de P-belasting en verhogen van de kritische belastinggrenzen, ondersteund en versterkt door ingrepen in het voedselweb.

Op basis van de analyse aan de hand van de ecologische sleutelfactoren in deze rapportage, wordt in het nu voorliggende hoofdstuk ingegaan op het gewenste maatregelenpakket.

Mogelijke maatregelen ESF 1 Productiviteit Water

Voor het onderzoeken van mogelijke maatregelen wordt gekeken naar de grootste belastingsbronnen van P. Om het omslagpunt van troebel naar helder te benaderen moeten de externe en interne belasting (waterbodem) zo veel mogelijk omlaag gebracht worden. Zelfs als dat lukt zal de onderste kritische belastinggrens niet worden overschreden, daarnaast zijn dus altijd maatregelen nodig om de kritische belasting (draagkracht) te verhogen én ook maatregelen om een omslag te bevorderen.

Belasting verlagen

In figuur 61 is nogmaals een beknopt overzicht gegeven van de herkomst van fosfor in de Binnenschelde.

Figuur 61: overzicht huidige P-belasting Binnenschelde

	Belasting mgP/m²/dag (schatting)
Inlaat	0,1
Vogels	0,15
Kwel, afstroming, uitspoeling, neerslag	0,05
Waterbodembodem	0,5
Totaal	0,8

Externe belasting

De belangrijkste bronnen van externe belasting zijn watervogels (ca. 50% van de externe belasting) en de inlaat van water vanuit het Zoommeer (ca. 1/3^e).

Watervogels

Watervogels vormen de belangrijkste externe bron voor fosfor, grofweg de helft van de externe belasting. Watervogels horen echter bij het systeem, het nemen van maatregelen tegen watervogels wordt niet als reële optie gezien.

Inlaat

De inlaat levert ongeveer 1/3^e van de externe belasting, dat is 1/8^e van de totale belasting.

Voor het defosfateren van het inlaatwater wordt momenteel in samenwerking met de Stowa onderzocht wat haalbaar is (zie kader). Binnen dit onderzoek is uitgegaan van de meest gunstige situatie, namelijk een verlaging van de fosforconcentratie van het inlaatwater van 0,1 mgP/l naar ongeveer 0,033mg/l. In belasting is dat grofweg een verlaging van een belasting van (70kg P/jaar naar 23kg P/jaar) **0,1mgP/m²/dag naar 0,035mgP/m²/dag**.

Naast het verlagen van de inlaatconcentratie wordt ook het beperken van de hoeveelheid inlaatwater gewenst geacht. Dit kan door het beperken van de behoefte om watergangen op de Bergse Plaat door te spoelen. Om dit te realiseren worden in de winter 2021/2022 de watergangen op de Bergse Plaat gebaggerd, waardoor de huidige stankoverlast (die aanleiding is om door te spoelen) vermindert. Ook het verplaatsen van een overstort van een gemengd rioleringsstelsel aan de Oostplaat waarvoor nu wordt doorgespoeld met water uit de Binnenschelde zal de doorspoelbehoefte verkleinen; onderzoek hiernaar loopt. Tot slot zorgt het toestaan van grotere seizoensgebonden peilfluctuaties ervoor dat er minder water in de Binnenschelde hoeft te worden ingelaten. Volgens Witteveen en Bos (2016) is met een flexibel peil tussen 1,3 en 1,7 m + NAP een inlaat nodig van ca. 700m³/dag (700 * 365 = 255.500 m³/jaar).

Als vervolg op de Winnovatie-challenge gericht op de combinatie van defosfatering van oppervlaktewater in combinatie met aquathermie ([Warmte winnen en fosfor verwijderen uit oppervlaktewater: twee vliegen in één klap? \(winnovatie.nl\)](#)) wordt in de tweede helft van 2021 in opdracht van de STOWA een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar kansrijk geachte defosfateringstechnieken (BioPhree, Nutreact) die in de toekomst ook voor het defosfateren van het inlaatwater voor de Binnenschelde gebruikt zouden kunnen worden.

Bij de huidige fosforconcentratie geeft dat een belasting van 25,6kg P/jaar dat is 0,04 mg P/m²/dag. Indien de inlaatconcentratie door defosfateren wordt verlaagd met 2/3^e neemt de belasting hierdoor verder af naar **8,7kgP/jaar** of wel **0,01 mgP/m²/jaar**.

Effect aanpak inlaat grofweg, bij 66% reductie fosforconcentratie door defosfatering van inlaatwater en flexibel peilbeheer:

Totale P belasting huidig (intern + extern) = 0,8 mg P/m²/dag

Totale P belasting met maatregelen = 0,71 mg P/m²/dag

Kritische grenzen 0,1 <-----> 1,1 mg P/m²/dag

(overigens zullen de kritische grenzen lager worden door de langere verblijftijd als er minder water in de Binnenschelde wordt ingelaten)

Berekening fosfor inlaat

255.500 * 1000 * 0,1 mgP/jaar = 25.550.000 mgP/jaar = 25,6 kgP/jaar

Van kg/jaar naar mg P/m²/dag = $25,6\text{kg}/365 \times 1.000.000/1.800.000 = 25,6/365 \times 0,555555 = 0,04 \text{ mg P/m}^2/\text{dag}$

Interne belasting; waterbodembodem

De waterbodembodem is waarschijnlijk de grootste bron van fosfor. In de huidige situatie zal sprake zijn van een evenwicht tussen de omvang van de nalevering van P uit de waterbodembodem en de P-concentratie van het water van de Binnenschelde en externe belasting. Het verminderen van de nalevering door het immobiliseren van bodembodem-P met een fosfaatbindend middel (Phoslock®) is onderzocht en is in de Binnenschelde onvoldoende effectief gebleken (Van Diggelen et al., 2020). Door het verkleinen van de externe belasting zal op langere termijn de nalevering naar verwachting gaan afnemen.

pH verlagen

De nalevering van P uit de waterbodembodem wordt gestimuleerd door de sterke pH verhoging veroorzaakt door algenbloei (alkaliene desorptie; Van Diggelen et al., 2020). Verlaging van hoge pH-waarden wordt niet overwogen, omdat grootschalige praktijkervaring met deze maatregel in ons land ontbreekt en de uitkomst onzeker is.

Naast het verlagen van de inkomende P-belasting vanuit diverse bronnen kan een negatieve belastingpost worden geïntroduceerd door het verwijderen van P uit de Binnenschelde en daarmee het minder voedselrijk maken van het watersysteem. Het oogsten en verwijderen van biomassa kan hieraan bijdragen.

Biomassa oogsten; vis

Door het oogsten van brasem kan de totale hoeveelheid nutriënten in de Binnenschelde worden verlaagd. Bijkomend voordeel van het verwijderen van brasem is dat de opwoeling van bodemmateriaal wordt verminderd. Daardoor neemt de interne belasting af en verbetert het lichtklimaat (ESF2). Op dit moment vindt alleen onttrekking van vis plaats op kleine schaal vanuit de sportvisserij, het is onduidelijk hoeveel (Visplan Brabantse Delta 2013).

De totale visbiomassa aan brasem in 2020 wordt geschat op $69,2 \text{ kg/ha} \times 180\text{ha} = 12.456\text{kg}$ brasem (ATKB, 2020). Stel dat tijdens een intensieve afvisning **de helft** zou kunnen worden verwijderd dan is dat 6.228 kg brasem. Uitgaande van een P-gehalte van brasem van 1,5% (Sterner et al., 2000), dan zou daarmee $6228 \times 0,015 = \text{ca. } 93,4 \text{ kg}$ fosfor verwijderd kunnen worden. Dat komt overeen met **51 mg/m²** verdeeld over een jaar is dat $0,14 \text{ mg/m}^2/\text{dag}$. Dat is 28 % van de interne belasting ($0,5\text{mg/m}^2/\text{dag}$).

De helft van de visbiomassa is waarschijnlijk geen reële hoeveelheid om regelmatig (bijv. jaarlijks) te verwijderen. Ter vergelijking: in het Markiezaatsmeer wordt jaarlijks 8000kg geoogst op een brasembestand van $131,7 \text{ kg brasem/ha}$ (ATKB, 2020). Het oppervlak is ongeveer 1050 ha bij een gemiddeld peil. Daarmee wordt jaarlijks **ca. 7,6 kg vis/ha** geoogst. Een vergelijkbare hoeveelheid voor de Binnenschelde zou dus betekenen een jaarlijkse verwijdering van 1371 kg vis. Dat komt overeen met ongeveer **20 kg P/jr of 0,03 mg P/m²/jaar**.

Biomassa oogsten; waterplanten

Op dit moment wordt jaarlijks door de gemeente gemaaid om de zwembodem vrij te houden van waterplanten. Dat is een beperkt oppervlak en de planten worden achtergelaten.

In de eerste helft van de jaren '90 werd er 50 ha gemaaid omdat er meer planten groeiden. In de toekomst zou het verwijderen van fosfor door middel van het oogsten waterplanten dus mogelijk over een oppervlak van 50 ha plaats kunnen vinden.

Ondergedoken waterplanten zoals smalle waterpest kunnen per jaar tot 200 g droge stof /m² opbouwen. Het P gehalte is $0,2\text{-}0,8\%$ (van Diepen ea. 2002). Uitgaande van een P gehalte van $0,5\%$ is dat $1 \text{ gP/m}^2/\text{jaar}$ en dat komt overeen met $2,7 \text{ mgP/m}^2/\text{dag}$.

Waterpest is echter een zeer snel groeiende soort met veel biomassa. Schedefonteinkruid is wat betreft biomassa per m² vergelijkbaar (Bloemendaal en Roelofs, 1988), maar ruw kransblad is een veel ijlere en laagblijvende soort. Uitgangspunt voor indicatieve berekening: 50% productie t.o.v. waterpest --> $0,5 \text{ gP/m}^2/\text{jaar}$ of $1,35 \text{ mgP/m}^2/\text{dag}$

Daarnaast zal bij het oogsten maar een beperkt deel verwijderd kunnen en mogen worden om de ecologie stabiel te houden, uitgangspunt 50% --> 0,25gP/m²/jaar of 0,68 mgP/m²/dag

Het oogsten van 2 ha zorgt voor het verwijderen van ongeveer:
 $0,25\text{gP/m}^2/\text{jaar} * 2\text{ha} (20.000\text{m}^2)\text{maaien} = 5000 \text{ gP/jaar} = \mathbf{5 \text{ kgP/jaar}}$
 $5000\text{gP/jaar} / 365 \text{ dagen} / 1.800.000\text{m}^2 * 1000 = \mathbf{0,008 \text{ mgP/m}^2/\text{dag}}$

Het oogsten van 50 ha zorgt voor het verwijderen van ongeveer:
 $0,25\text{gP/m}^2/\text{jaar} * 50\text{ha} (500.000\text{m}^2)\text{maaien} = 125.000\text{gP/jaar} = \mathbf{125 \text{ kgP/jaar}}$
 $125000\text{gP/jaar} / 365 \text{ dagen} / 1.800.000\text{m}^2 * 1000 = \mathbf{0,19 \text{ mgP/m}^2/\text{dag}}$

Met gerichte verwijdering kan ook eventuele overlast voor recreanten vanuit waterplanten worden beperkt. Essentieel hierbij is dat het maaien en verwijderen op een ecologisch verantwoorde manier plaatsvindt. Denk daarbij aan:

- Juiste tijdstip (nader uitzoeken)
- Voldoende hoog boven de grond afknippen
- Rustig varen om zuurstofproblemen te beperken
- Niet bij warm weer
- Direct verwijderen maaisel

Baggeren (geen optie)

Het is niet realistisch om te baggeren. De dieper gelegen bodemlagen zouden meer fosfor na gaan leveren dan de huidige toplaag. Op dieptes tot 10cm is de fosforconcentratie in de waterbodem heel laag en tot een diepte van 45cm neemt die aanzienlijk toe (B-Ware, 2009). Na baggeren zou daarom de nieuwe toplaag afgedekt moeten worden met schone grond, gezien het grote oppervlak is dit geen reële optie.

Samenvatting belasting verlagen

Door een combinatie van maatregelen kan de externe belasting substantieel terug worden gebracht en/of gecompenseerd. Met een combinatie van defosfateren en zo min mogelijk inlaten, kan de externe fosforvrucht teruggebracht worden van ongeveer 0,3 naar 0,21mg/m²/dag. Daarvan kan ca. 0,04 mgP/m²/d weer verwijderd worden met jaarlijks afvissen en planten afvoeren (figuur 62).

Figuur 62: Samenvatting fosforvruchten (schatting)

Balanspost	Fosforvrucht kg P/jaar	mgP/m ² /dag
Inlaat huidig	70 (WiBo) 40-80 (deze studie)	0,1 0,06 – 0,12
Vogels	99 (WiBo)	0,15
Kwel, afstroming, uitspoeling, neerslag	33 (WiBo)	0,05
Inlaat alleen flexibel peilbeheer 40cm	26 (WiBo)	0,04
Inlaat toekomst flexibel peilbeheer en defosfateren tot 0,033 mgP/l	8,7 (WiBo/deze studie)	0,01
Afvissen 50%	-93,4 (eenmalig)	-0,14
Afvissen 7 kg/ha/jr	-20 (jaarlijks)	-0,03
Planten afvoeren huidig	-5	-0,01
Planten afvoeren 50ha	-125	-0,19

Na een omslag naar helder water kan met een combinatie aan maatregelen de belasting worden teruggebracht naar **0,49mg/m²/dag** (figuur 63). Hiervoor moet zo min mogelijk water worden ingelaten, dat water worden gedefosfateerd en jaarlijks wordt vis en vegetatie afgevoerd.

Figuur 63: Mogelijke toekomstige belasting

Balanspost	mgP/m ² /dag
Belasting toekomst intern	0,5
Belasting toekomst neerslag, vogels, kwel, afstroming	0,05
Belasting toekomst inlaat, flexpeil en defosfateren	0,01

Afvissen (beheervisserij)	-0,03
Planten afvoeren (50ha)	-0,19
Belasting toekomst na omslag en vestiging van een uitgebreide onderwatervegetatie	0,49

Kritische belasting verhogen/draagkracht verhogen

Volgens het model PCLake(en de ecologische praktijk) zijn de belangrijkste stuurfactoren om de draagkracht te verhogen het aandeel moeras, strijklengte, verblijftijd en waterdiepte. De effecten van deze maatregelen zijn doorgerekend met het metamodel. Dat is minder nauwkeurig dan het werkelijke model zoals toegepast door Witteveen en Bos. Het geeft een indicatie van welke maatregelen welk effect hebben.

Figuur 64: Gebied specifieke uitgangspunten voor PCLake (Witteveen en Bos, 2016)

	Binnenschelde
gemiddeld hydraulisch debiet (mm/dag)	4 (is minimum voor metamodel Witteveen en Bos heeft gerekend met 3,3)
gemiddelde waterdiepte (m)	1,5
gemiddelde N/P-ratio (gN/g P)	37
bodemtype (-)	zand
strijklengte (km)	1,0
aandeel moeras (-)	0
achtergrondextinctie (m ⁻¹)	0,5

In het [metamodel](#) zijn voor elke stuurfactor realistische alternatieven/maatregelen ingevoerd. Eerst apart waarbij telkens slechts 1 stuurfactor wordt aangepast, daarna in verschillende combinaties (figuur 65). Het metamodel is minder uitgebreid dan het PCLake model dat door Witteveen en Bos is gebruikt. In het echte model is het werkelijk hydraulische debiet van 3,3 gebruikt, voor het metamodel is de minimumwaarde van 4 ingevoerd. Daardoor zijn kritische grenzen iets anders.

Figuur 65: Invoer en uitkomsten metamodel PCLake

mgP/m²/dag	Troebel --> helder	Helder --> troebel	Belasting mgP/m/dag	Verblijftijd dagen
Huidig	0,22	1,11	0,8	375
Hydraulisch debiet 10 + defosfateren (droog)	0,49	1,58	1,01	150
Hydraulisch debiet + defosfateren 12,25	0,61	1,77	1,01	122
Waterdiepte 1,3	0,33	1,41	0,8	325
Strijklengte 500	0,33	1,44	0,8	375
Moeras 0,011 = 2 ha	0,24	1,19	0,8	375
kansrijk pakket Waterdiepte 1,3 Strijklengte huidig Debiet 12,25 Moeras 0,0055	0,96	2,28	1,01	106
Reëel pakket zonder moeras Waterdiepte 1,3 Strijklengte huidig Debiet 12,25 Moeras 0	0,94	2,22	1,01	106
Reëel pakket (langdurig droog) Waterdiepte 1,3 Strijklengte huidig Debiet 10	0,77	2,05	1,01	130

Moeras 0,0055				
Reëel pakket (langdurig droog, zonder moeras) Waterdiepte 1,3 Strijklengte huidig Debiet 10 Moeras 0	0,75	1,99	1,01	130

Moeras

Het Aquapark biedt wellicht mogelijkheden op de korte termijn. Daar komt een hoeveelheid grond vrij die wellicht benut kan worden voor aanleggen van een moeraszone. Voorzichtig kan aangenomen worden dat het totaal oppervlak dan tenminste 1 ha wordt (WitBo heeft in huidige situatie gerekend met 0) dat is 0,55%. Het effect hiervan is beperkt omdat het om een zeer beperkt oppervlak gaat. Een voldoende areaal moeras is echter essentieel voor een goed functionerend aquatisch ecosysteem.

Strijklengte

De strijklengte bepaalt heeft grote invloed op de interne belasting, een kortere strijklengte zal eraan bijdragen dat er minder fosfor vanuit de waterbodem oplost in het oppervlaktewater. Daarnaast zorgt een kortere strijklengte voor een verbetering van het doorzicht en meer luwtes waardoor waterplanten gemakkelijker tot ontwikkeling kunnen komen. Door midden op het meer onder water bijv. een dammetje te leggen kan de strijklengte grofweg worden gehalveerd, bovendien wordt de gemiddelde waterdiepte iets kleiner omdat er meer oeverzones bij komen. Dit is echter zeer beperkt. Halveren van de strijklengte geeft een globale verhoging van de kritische grenzen van 1,11 en 0,22 naar 1,44 en 0,33.

Verblijftijd/hydraulisch debiet

Het verkorten van de verblijftijd zorgt voor een hogere kritische belasting (figuur 66). Het zorgt echter ook voor een hogere werkelijke belasting (zie bijlage). Door de inlaat te zuiveren wordt dat effect met ca. 2/3^e verminderd.

Met de huidige inlaat kan maximaal 10mm/dag worden ingelaten, met de neerslag erbij komt dat neer op een hydraulische belasting van 12,25mm/dag. De extra inlaat zorgt echter voor een toename van de belasting tot ca. 1,01 (zie bijlage), de kritische ondergrens neemt toe tot 0,61. Als het echter langere tijd droog is neemt deze weer af tot 0,49.

Figuur 66: P-belasting en kritische P-belasting bij verschillende hydraulisch debieten in de Binnenschelde

Hydr. Debiet mm/dag	P belasting	P kritisch onder	P kritisch boven
Huidig = 3,3	0,8	0,1	1,1
12,25 + defosfateren	1,01	0,61	1,77
10 + defosfateren (droog)	1,01	0,49	1,58

Waterdiepte

De waterdiepte kan voor een tijdelijke periode wellicht aangepast worden door het peil te verlagen. Een peilverlaging van 20cm lijkt haalbaar. De onderste kritische grens schuift daarmee op van 0,22 naar 0,33 mg/m²/dag.

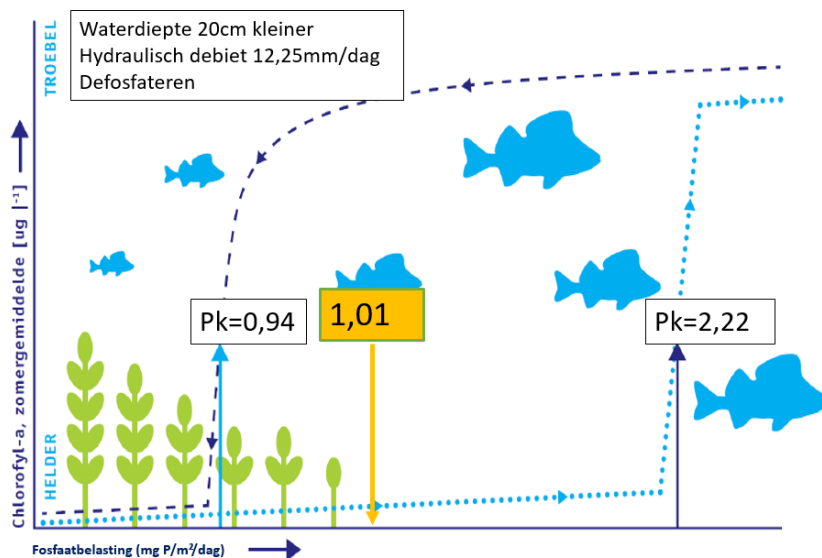
Reëel maatregelenpakket

Elke maatregel afzonderlijk is onvoldoende om een omslag te bewerkstelligen. Een combinatie van realistische maatregelen is kansrijk. Volgens de globale benadering met het Metamodel van PCLake zou de volgende combinatie aan maatregelen voldoende moeten zijn om een omslag te krijgen van troebel naar helder:

- Waterdiepte verkleinen met 20cm dmv peilbeheer
- Debiet verhogen met huidig maximale inlaatdebiet tot hydraulische belasting 12,25 én het inlaatwater defosfateren.

Daarmee komt de werkelijke P belasting (1,01) dicht in de buurt van de onderste kritische fosforgrens (0,94) (figuur 67)

Figuur 67: kritische P-belasting en P-belasting na uitvoeren maatregelen



Bij langdurige droogte wordt de kritische fosforgrens echter weer duidelijk lager en zal een omslag beduidend lastiger worden.

Het verhogen van de kritische belasting in combinatie met het verlagen van de werkelijke belasting zorgt voor een gunstigere situatie ook in langdurige droge periode. Waarschijnlijk is dit echter nog niet gunstig genoeg voor een spontane omslag naar helder water.

Als er echter sprake is van blauwalgenbloei op het Zoommeer moet de inlaat volledig worden gestopt. Het defosfateren zal waarschijnlijk de chlorofyllA concentratie ook omlaag brengen, maar het is niet zeker of blauwalgen tijdens dit proces worden vernietigd. Als de inlaat moet worden gestopt zal de onderste kritische grens zo laag worden dat de werkelijke belasting daar duidelijk boven blijft. Voor meer zekerheid is het daarom nodig om ook omslag bevorderende maatregelen te nemen.

Omslag bevorderen

Om een omslag te bevorderen zijn twee maatregelen algemeen bekend en onderzocht. Tijdelijke droogval en Actief Biologisch beheer. Uit de analyse van maatregelen die de draagkracht bevorderen lijkt er nog een derde, aanvullende optie zijn; tijdelijk verkorten van de verblijftijd.

Tijdelijke droogval

Gezien de stedelijke functie en belangen voor de naastgelegen bebouwing is tijdelijke droogval geen reële optie.

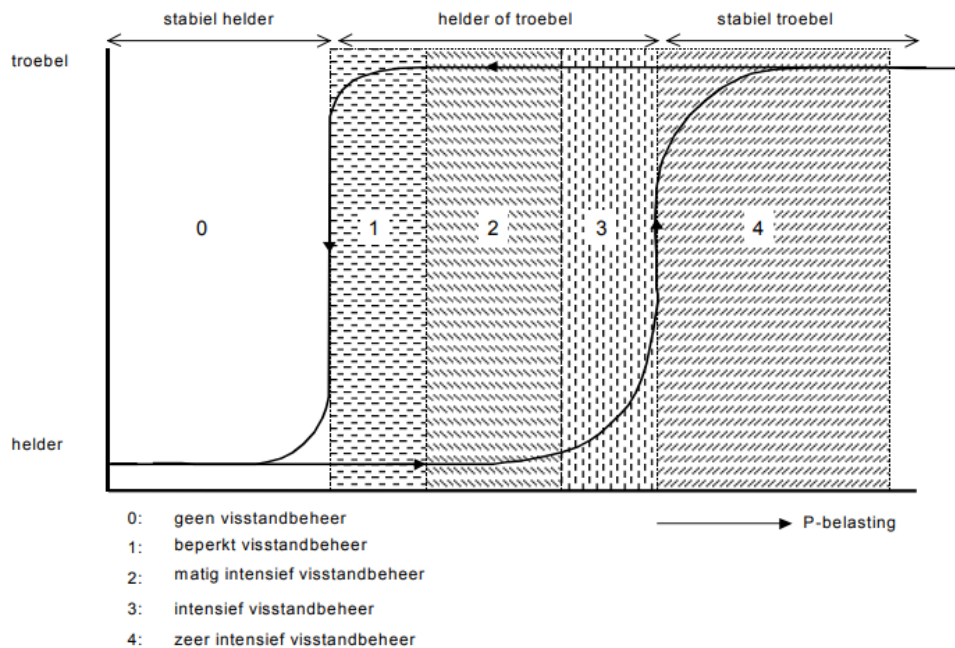
Actief biologisch beheer

Uit de KRW-visstand monitoring blijkt dat er een overmaat aan brasem aanwezig is. Ingrijpen in de visstand in combinatie met draagkracht verhogende maatregelen lijkt daarmee een zeer geschikte maatregel waarmee een omslag naar helder plantenrijk water gestimuleerd kan worden. Deze maatregel werkt bovendien positief door op ESF 3: lichtklimaat.

Voor een omslag dient het visbestand drastisch uitgedund te worden tot niveaus van minder dan 10-15kg/ha aan planktivore (watervlooienetende vis) en minder dan 15-25 kg/ha aan benthivore (bodenvoedselende en bodemwoelende) vis. Door ATKB is hiervoor een eerste prijsindicatie gegeven. Daarin is aangegeven dat het nodig is om 50 dagen te vissen, na aftrek van de opbrengsten van ca. 30.000kg vis zijn de kosten geraamd op ca. 1 ton. Volgens de laatste visstandbemonstering (2020) is de biomassa echter aanzienlijk lager en zal waarschijnlijk hooguit ca. 10.800kg vis verwijderd kunnen worden. De inspanning blijft hetzelfde.

Volgens het rapport 'Kosten en baten van actief visstandbeheer achtergrondrapport' van Witteveen en Bos is voor de huidige belasting van de Binnenschelde matig intensief visstand beheer afdoende. Daarbij is het waarschijnlijk nodig om eens per 5-10 jaar een intensieve afvisserij te herhalen met mogelijkheden voor aanvullende jaarlijkse beheervisserij. Met deze maatregel wordt door Witteveen en Bos (2008) in zijn algemeenheid ingeschat dat de KRW score toeneemt met 0,3 voor chlorofyl-A, met 0,4 voor submerse vegetatie en met 0,2 voor de deelmaatlat vis.

Figuur 68: benodigd visstandbeheer bij verschillende P-belasting (Witteveen en Bos, 2008)



Snoek, aal en baars moeten zoveel mogelijk worden gespaard (ca. 25,4 kg/ha).

E. Jeppesen geeft op een symposium aan dat je in deze situatie waarschijnlijk geen langdurige effecten hoeft te verwachten omdat $TP > 0,05 \text{ mgP/l}$. Met een TP van rond $0,12 \text{ mgP/l}$ val je na biomanipulatie na ca. 2-3 jaar terug in de door algen gedomineerde troebele toestand (mail Guido 29-6-2021). Waarschijnlijk kan deze terugval worden voorkomen door aanvullende maatregelen. Ook het actieve snoekbeheer zal bijdragen aan een stabiel systeem na omslag.

Volgens de kritische fosforgrens uit het model PC-Lake zit je nu al onder bovenste grens en is een stabiele heldere toestand onder deze omstandigheden haalbaar. Maatregelen zorgen ervoor dat de kans op het ontstaan van een stabiele heldere situatie groter wordt. Aanvullend en ter versnelling van een zichtbaar effect kan overwogen worden om tijdelijk de verblijftijd te verkorten:

Tijdelijk verkorten van de verblijftijd

Uit het metamodel PCLake blijkt dat het verhogen van het debiet naar $12,25 \text{ mm/dag}$ in combinatie met defosfateren ervoor zou kunnen zorgen dat de werkelijke belasting dicht bij de kritische belasting uitkomt. Dit zou het systeem kunnen helpen om weer helder te worden en om waterplanten te laten ontwikkelen. Door deze maatregel tijdelijk, bijvoorbeeld 1 seizoen uit te voeren, tot het moment waarop een omslag heeft plaats gevonden en de situatie weer stabiel is, kan de extra aanvoer van nutriënten op langere termijn flink verminderd worden. Door nauwkeurige monitoring kan een eventuele omslag terug naar troebel in de toekomst waarschijnlijk voorkomen worden door deze maatregel tijdig weer in te zetten.

Deze maatregel zorgt voor een kortere verblijftijd waardoor algen minder makkelijk tot ontwikkeling kunnen komen. Het meeste effect kan waarschijnlijk worden gebruikt door te starten met deze maatregel aan het eind van de zomer als de algenconcentratie op zijn

hoogst is. Samen met de neerslag en de beperkte verdamping kunnen zo de gehele winter zoveel mogelijk algen en voedingsstoffen worden afgevoerd. Het risico dat voedingsstoffen achterblijven in biomassa en daarmee sprake is van oplading blijft daarmee zo klein mogelijk. Vooruitlopend op de uitvoering verdient het aanbeveling om fosfor niet alleen bij de inlaat maar ook bij de uitlaat te meten in de maanden dat er sprake is van doorspoeling. Met die data kan vervolgens een inschatting worden gemaakt van de hoeveelheid fosfor die met doorspoelen achterblijft in het systeem. Tijdens de uitvoering kan de belasting met fosfor nog aanzienlijk worden verminderd door regelmatig te meten en het inlaten te stoppen in perioden dat de concentratie hoog is.

Op deze manier ontstaat de best haalbare situatie in het voorjaar aan het begin van het groeiseizoen voor de ondergedoken waterplanten.

Mogelijke maatregelen ESF 2 Lichtklimaat

Effectieve maatregelen in de Binnenschelde om het lichtklimaat te verbeteren zijn:

- Algengroei verkleinen
 - o Belasting verlagen (zie ESF 1)
- Opwerveling verminderen
 - o Afvissen
 - o Snoeken uitzetten om brasem te beperken
 - o Strijk lengte verkorten door aanleg onderwatereiland
 - o Drijfbladplanten uitzetten om lokaal de opwerveling door windwerking te verminderen. Drijfbladplanten kunnen bij eenzelfde doorzicht tot wat grotere dieptes ontwikkelen.
- Peilverlaging
 - o Tijdelijk ca. 20cm peilverlaging
 - o Begroeibaar oppervlak neemt aanzienlijk toe

Mogelijke maatregelen ESF 4 habitatgeschiktheid

- Aanpak ESF 1 en 2
- Verbeteren talud/oeverzones
 - o Meer zones creëren met een waterdiepte van 0-50cm
- Meer luwtes creëren/strijklengte beperken
 - o Ondiepe zones aanleggen midden op het meer
- Meer natuurlijke peilfluctuatie
 - o In voorjaar laag zodat oeverzones droogvallen tbv kieming
 - o Onder huidige omstandigheden waarschijnlijk nauwelijks zinvol
- Aanplanten oevervegetatie
 - o Nodig als blijkt dat er te weinig zaden nog zijn
 - o Nodig als droogval ondiepe zones niet haalbaar is, omdat de meeste zaden van oeverplanten niet onder water kunnen kiemen.
 - o Wellicht is dit nu al een optie in een beperkt aantal ondiepe zones, waarbij ook rekening gehouden moet worden met de sportvisserij

Mogelijke maatregelen ESF 6 verspreiding

- Uitzetten gewenste vissoorten
 - o Zuurstoftolerante soorten (zeelt, kroeskarper, grote modderkruiper)
 - o Plantenminnende soorten (bv. Ruisvoorn)

- Aanplanten, zaaien of enten gewenste plantensoorten
 - o Drijfbladplanten
 - o Oeverplanten bij aanleg oeverzones

Mogelijke maatregelen ESF 8 toxiciteit

Aanvullend onderzoek naar toxische stoffen loopt.

Voor pH verdient het aanbeveling nader onderzoek te doen naar de effecten van de hoge pH waarden en eventuele mogelijkheden daar iets aan te doen.

Mogelijke maatregelen ESF 9 context

Voor ESF 6 is een goede communicatie essentieel voor het creëren van draagvlak voor het afvissen en voor de toename aan waterplanten. De toename van waterplanten wordt deels gecompenseerd door het maaien, daarbij kan het helpen om duidelijk aan te geven welke gebieden hoe vaak worden gemaaid. Wellicht zelfs met een tonnenlijn. Daarnaast kunnen maatregelen aantrekkelijker gemaakt worden door bijvoorbeeld vissteigers aan te leggen.

14. Samenvatting en advies

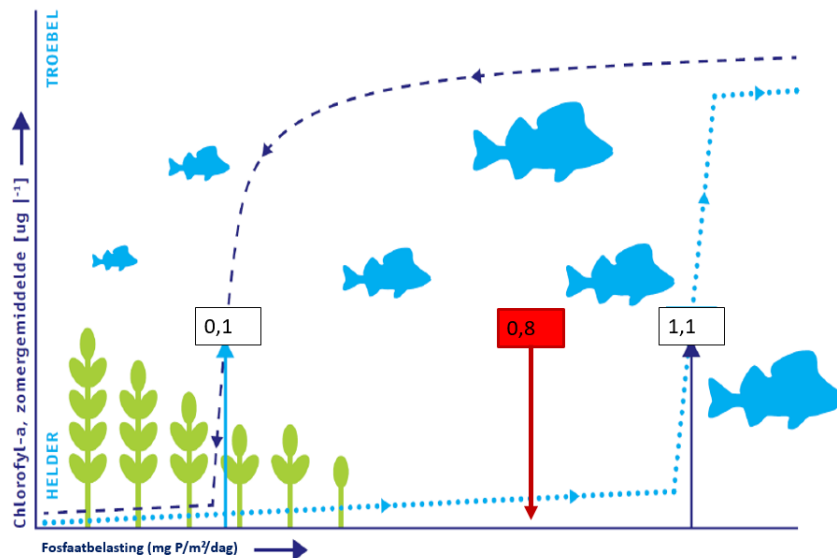
- De fosforconcentratie is de laatste 10 jaren, in de zomer gemiddeld rond 0,1 mgP/l met ongeveer elk najaar een piek van ca. 0,15mgP/l, gemiddeld
- Ongeveer de helft van het zomerhalfjaargemiddelde totaal fosfaat wordt bepaald door de invloed uit de waterbodem. Uit een globale analyse blijkt dat de nalevering aan het einde van de zomer totaal ca. 0,06mgP/l kan bijdragen aan de fosforconcentratie.
- De brasemstand (69,2 kg/ha) is te hoog voor een omslag naar helder plantenrijk water.
- Het aantal vissoorten is laag en zuurstoftolerante vissen ontbreken geheel. Het is moeilijk voor deze vissoorten om de Binnenschelde spontaan te bereiken.
- Mosselen ontbreken geheel. Mosselbroed kan de Binnenschelde gemakkelijk bereiken, maar vestigt zich niet. Blijkbaar is de waterkwaliteit niet geschikt, mogelijk door de hoge pH waarden.
- Uit de vlakdekkende opname blijkt dat de vegetatie onvoldoende is voor een gezond ecosysteem. De belangrijkste knelpunten vanuit KRW zijn de beperkte oeverbegroeiing en het geheel ontbreken van drijfbladplanten. De emerse vegetatie is te beperkt voor het bereiken van een snoekstand die de visproductie effectief kan beheersen. Voor een stabiel helder ecosysteem is de ondergedoken vegetatie te beperkt, waardoor er te weinig concurrentie is met algen, te weinig bescherming voor jong snoek en zoöplankton en de waterbodem onvoldoende beschermd is tegen opwerveling.
- ESF-analyse: In de ESF-analyse zijn de eerste drie sleutelfactoren de basisvoorwaarden voor een gezond ecosysteem. Alleen als die alle drie op groen staan mag van het aanpakken van de volgende sleutelfactoren ook het beoogde effect worden verwacht.

Figuur 69: samenvatting analyse Ecologische Sleutelfactoren

ESF	Toelichting	Oorzaak/probleem
 Productiviteit water	P belasting (0,8) ligt tussen onderste (0,1) en bovenste grens (1,1) Pkritisch	Interne belasting (0,5) Vogels (0,15) Inlaat (0,1)
 Lichtklimaat	Doorzicht zeer laag	Algen
 Productiviteit bodem	Weinig P in de bodem	
 Habitatgeschiktheid	Peilbeheer Talud/oeverzones Substraat in oeverzones Golfslag door lange strijklengte	De oevers zijn erg steil en voorzien van stortsteen, daardoor is er te weinig emergente vegetatie. Het peilbeheer is vast, de ondiepe oeverzones zijn echter zo beperkt dat het peilbeheer daar nu geen groot knelpunt voor is.
 Verspreiding	Geïsoleerd voor vis en vegetatie. Geen migratievoorzieningen en Zoommeer is een slechte bron voor soorten. Vliegende macrofauna waarschijnlijk geen probleem.	Geen voor vis geschikte verbinding met ander visrijk water.
 Verwijdering	Vegetatie wordt verwijderd t.b.v. zwemwater, is zeer beperkt. Sommige jaren/perioden veel watervogels en teveel brasem.	Brasem waarschijnlijk een probleem voor uitbreiding waterplanten.
 Organische belasting	Weinig bronnen. De belangrijkste is een natuurlijke bron: vogels. De hoeveelheden wisselen over de jaren.	
 Toxiciteit	Onderzoek loopt nog, pH te hoog.	
 Context	De gebruiksfuncties zijn een probleem voor een hoge bedekking aan waterplanten en mogelijk ook voor het uitvoeren van actief visstand beheer.	

- De externe fosforbelasting is 0,3 mgP/m/dag, de interne is met ruime onzekerheidsmarges geschat op 0,5 mgP/m/dag. De totale fosforbelasting komt daarmee op ongeveer 0,8 mgP/m/dag.
- De onderste kritische grens is met ruime onzekerheidsmarges berekend op 0,1 mgP/m/dag, de bovenste 1,1 mgP/m/dag
- De actuele belasting is te hoog voor een omslag naar helder water, maar wel laag genoeg om met een combinatie van maatregelen weer helder en plantenrijk water terug te krijgen (figuur 70)

Figuur 70: kritische belastingsgrenzen voor fosfor en de fosforbelasting



- De omslag van helder naar troebel in 1996 is waarschijnlijk veroorzaakt door een plotselinge P-nalevering vanuit de waterbodem. De huidige toplaag van de waterbodem bevat echter beduidend minder fosfor dan de diepere lagen (B-Ware 2015). Het risico op een omslag vanuit een heldere situatie naar troebel zou daarom tegenwoordig mogelijk kleiner zijn.
- De belangrijkste bronnen van de externe belasting zijn vogels (ca. $\frac{1}{2}$ van de externe belasting) en de inlaat (ca. $\frac{1}{3}$ van de externe belasting, dat is ca. $\frac{1}{8}$ van de externe en interne belasting samen)
- Waterplanten kunnen onder de huidige omstandigheden tot een diepte van ongeveer 50cm groeien. In de praktijk komen waterplanten tot grotere diepte voor.
- Productiviteit waterbodem is waarschijnlijk geen probleem
- Habitatgeschiktheid wordt momenteel vooral beperkt door ESF 1 en ESF 2 en daarnaast door de steile taluds. Er zijn te weinig ondiepe zones (0-50cm) die geschikt zijn voor oeverplanten/emerse soorten. Daarnaast is de strijklengte lang waardoor sprake is van veel golfslag en er is sprake van een vast peil, beiden zullen de vestiging van oeverplanten kan belemmeren. Peil en golfslag zijn pas relevant als er daadwerkelijk geschikte ondiepe zones zijn.
- Verspreiding van soorten is een probleem door de geïsoleerde ligging. Er wordt wel water ingelaten vanuit het Zoommeer maar ook daar ontbreken gewenste vissoorten en plantensoorten.
- Verwijdering door mensen en vogels is momenteel geen probleem. De brasemstand vormt waarschijnlijk wel een belemmering voor de uitbreiding van vegetatie.
- Organische belasting is momenteel geen probleem
- Toxiciteit is momenteel geen probleem

Advies maatregelen

Voor een duurzaam gezond en helder ecosysteem is het van belang dat de aanvoer van voedingsstoffen zoveel mogelijk wordt beperkt. Aanvoer van voedingsstoffen, middels inlaten water, zorgt voor een gestage oplading van het ecosysteem met voedingsstoffen. Hoewel een deel van de ingelaten voedingsstoffen ook weer wordt uitgelaten zal altijd een deel achterblijven in het systeem. Het is essentieel om de oplading over langere termijn zoveel mogelijk te beperken door het inlaatwater te beperken en te zuiveren. Daarnaast kunnen voedingsstoffen met regelmaat onttrokken worden door het oogsten van biomassa (waterplanten en vis).

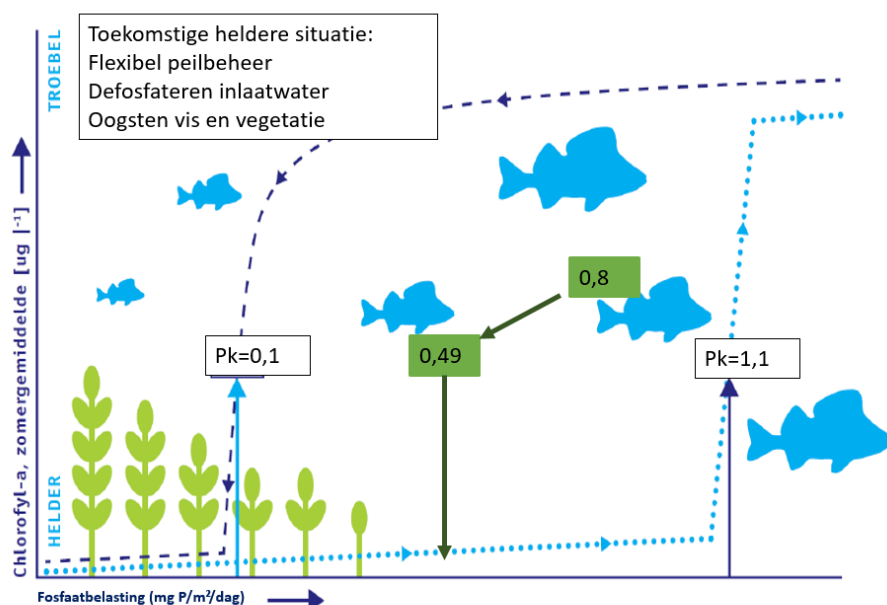
Voor een omslag van het systeem van troebel naar helder zijn ESF1 en ESF2 cruciaal. Pas als die omslag lukt worden de ESF's 4 t/m 8 relevant. De maatregelen voor alle ESF'en dienen echter gecombineerd uitgevoerd te worden om een omslag naar helder water te laten plaatsvinden en duurzaam te laten zijn. Zonder uitvoering van de maatregelen voor ESF 1 en ESF 2 hebben de andere maatregelen echter beperkte meerwaarde.

Noodzakelijke maatregelen direct na de omslag, waarmee een langdurige stabiele heldere, ecologisch gezonde situatie kan worden gehandhaafd:

- Actief snoekbeheer continueren anders weer snel een omslag terug
- Inlaatwater defosfateren, verlaagd waarschijnlijk ook ChlA
- Regelmatig oogsten van vis en waterplanten (= uitmijnen)
- Flexibel peilbeheer
- Uitbreiden ondiepe zones/oeverzones --> emerse vegetatie
 - o bijvoorbeeld naar aanleiding realisatie Aquapark
 - o bij voorkeur midden op zodat ook meer luwtes ontstaan
 - o aanplanten op locaties waar geen droogval plaats vindt

In een (toekomstige) heldere plantenrijke toestand kan met bovenstaande maatregelen de externe belasting afnemen van 0,3 naar 0,21 dankzij flexibel peilbeheer en defosfateren. Dit is de maximaal haalbare afname van de externe belasting. De interne belasting blijft aanvankelijk gelijk en de totale belasting kan daarmee tot 0,71 worden teruggebracht. Door jaarlijks ca. 50ha waterplanten te verwijderen en ca. 1800 kg vis kan de totale belasting verder worden teruggebracht van 0,8 tot 0,49 mgP/m²/dag, waarbij mag worden verwacht dat de interne belasting uit de waterbodem over de jaren langzaam zal gaan afnemen (figuur 71). In combinatie met het actief snoekbeheer is dat waarschijnlijk laag genoeg voor een stabiele langdurige heldere toestand.

Figuur 71: mogelijk fosforbelasting en kritische belastinggrenzen in toekomstig helder systeem



Op de korte termijn moet eerst een omslag worden bewerkstelligd van troebel naar helder. Voor die omslag is een combinatie van maatregelen nodig in de juiste volgorde. Volgens het metamodel PCLake zorgt een combinatie van verkorten van de verblijftijd met defosfateren van het inlaatwater en het verkleinen van de waterdiepte ervoor dat de werkelijke belasting dicht bij de kritische belasting komt. In droge perioden wordt de situatie minder gunstig of zelfs slecht als de inlaat

helemaal dicht moet vanwege blauwalgen in het Zoommeer. Als de inlaat volledig dicht moet is dat vaak pas later in de zomer, de kans is aanwezig dat waterplanten dan al voldoende zijn ontwikkeld om stand te houden. Er is echter wel een risico dat de planten bij het dichtzetten van de inlaat weer snel verdwijnen.

Defosfateren, doorspoelen en peil verlagen zijn waarschijnlijk niet voldoende om tot een omslag naar helder water te komen. Om met meer zekerheid een omslag te kunnen bereiken is het daarnaast nodig om omslag bevorderende maatregelen te nemen. De volgende combinatie van maatregelen geeft dan ook de grootst mogelijke kans voor een omslag naar helder water op. Voor het vasthouden op langere termijn zijn de eerder genoemde maatregelen nodig.

- Verblijftijd (tijdelijk) verkorten
 - o Defosfateren inlaatwater
 - o Inzetten vanaf najaar (zodra Zoommeer het toelaat) om zoveel mogelijk algen weg te spoelen voor het volgende groeiseizoen
 - o Afhankelijk van de resultaten 1 - 2 jaar (monitoren)
 - o Inlaat maximaal gebruiken = 10mm/dag leidt tot een jaargemiddelde hydraulische belasting van 12,25mm/dag
 - o Blauwalgen en pieken van fosfor niet inlaten (inlaat tijdelijk sluiten)
- Waterdiepte tijdelijk verkleinen naar 1,3m, door 20cm peilverlaging
 - o Gelijktijdig met het doorspoelen starten
 - o Afhankelijk van resultaten 1 - 2 jaar (monitoren)
 - o Zorgt voor meer licht op de bodem in het voorjaar
 - o Nodig om de verblijftijd voldoende te verkorten
- Afvissen
 - o In de wintermaanden, eenmalig
 - o Afvissen heeft een gunstig effect voor meerdere ESF's:
 - ESF1: Interne belasting verlagen = oogsten fosfor
 - ESF2: Verbetering lichtklimaat, door minder opwoeling en meer watervlooiën dus minder algen
 - ESF6: Verwijdering, doordat brasem planten en kiemen verwijdt en/of beschadigt.
- Vis uitzetten
 - o Actief snoekbeheer voortzetten
 - o Winter kort na het afvissen
 - o Voorkomen dat brasem vrijgekomen ruimte inneemt
 - o Ontbrekende zuurstoftolerante soorten en plantminnende soorten uitzetten
- Drijfbladplanten aanbrengen
 - o Voorjaar
 - o Gele plomp
 - o Kunnen met minder doorzicht makkelijker overleven
 - o Geven beschutting, luwte en habitat
 - o Op diepte van rond de 1,5m waar geen ondergedoken meer groeit
- Gemaaide vegetatie afvoeren en ecologisch verantwoord maaien
 - o Elke maaibeurt, altijd
 - Niet maaien bij warm weer
 - Ruim boven de waterbodem afknippen
 - Direct afvoeren
 - Rustig varen
 - o Interne belasting verminderen
 - o Zuurstofproblemen voorkomen en daarmee nalevering uit waterbodem beperken

- Onderzoek pH
 - o Onderzoek naar effecten hoge pH op vis, vegetatie, macrofauna en fytoplankton
 - o Onderzoek naar mogelijkheden om pH te verlagen, effecten te compenseren en het effect daarvan
- Communicatie
 - o Draagvlak creëren en behouden, voor
 - Afvissen
 - Defosfateren
 - Waterplantengroei en maaibeheer

Zonder het actief doorspoelen met gedefosfateerd water is een omslag waarschijnlijk ook haalbaar met de andere genoemde maatregelen. Het afvissen dient dan extra intensief plaats te vinden en de inlaat van water moet dan zoveel mogelijk beperkt worden. De te verwachten resultaten worden daarmee iets minder zeker.

Verwacht resultaat

Met de geadviseerde maatregelen wordt een omslag naar helder water verwacht die langdurig stand kan houden. Dankzij de omslag worden de volgende resultaten verwacht:

- Afname van risico op blauwalgenbloei, dus minder vaak waarschuwingen zwemwater
- Toename overlast voor recreanten door ondergedoken- en drijfbladplanten
- Toename doorzicht; voldoet waarschijnlijk aan KRW
- Afname fosfor; voldoet waarschijnlijk aan KRW
- Afname stikstof; waarschijnlijk minimaal 1 klasse verbetering
- Verbetering visstand; voldoet waarschijnlijk aan KRW
- Verbetering waterflora; waarschijnlijk minimaal 1 klasse verbetering KRW
- Verbetering fytoplankton; waarschijnlijk minimaal 1 klasse verbetering KRW
- Verbetering macrofauna; voldoet daarbij misschien aan KRW (figuur 72)

Op de volgende parameters wordt geen effect verwacht:

- Zoutgehalte, deze is en blijft waarschijnlijk stabiel
- Temperatuur
- pH, was ook voor de omslag erg hoog (figuur 72)
- Specifiek verontreinigende stoffen die de norm overschrijden

Figuur 72: verwacht effect maatregelpakket op KRW doelen

GEP	2017	na maatregelen
≥ 0,45		+
≥ 0,55		++
≥ 0,40		++
≥ 0,60		+

	2017	na maatregelen
≤ 0,09 mgP/l		+
≤ 1,30 mgN/l		+
≤ 200 mgCl/l		0
≤ 25°C		0
5,5-8,5		0
60-120		0
≥ 0,90		++

Advies doelaanpassing KRW

Om haalbare doelen voor de KRW te hebben wordt geadviseerd ook de volgende doelen aan te passen:

- Zoutgehalte
 - o Ligt tussen 400 – 500 mgCl/l
 - o Maatlatten; > 300 = slecht
 - o Voorstel geen doel voor zoutgehalte
- pH
 - o Ligt tussen 8 en 9,5, voor de omslag zelfs nog hoger
 - o Maatlatten; 9-9,5 = ontoereikend
 - o Voorstel doel bijstellen naar
 - minimaal ontoereikend = EKR minimaal 0,2 of;
 - geen doel stellen voor pH

Monitoring

Tijdens de uitvoering van de maatregelen om een omslag te bereiken is het van belang om goed te monitoren zodat eventueel bijgestuurd kan worden.

- Fosfor meten nabij inlaat en nabij uitlaat
 - o Zo kan altijd bepaald worden hoeveel fosfor erin gaat en hoeveel eruit, als er langdurig meer fosfor binnen komt dan eruit gaat kan overwogen worden de inlaat (tijdelijk) te stoppen.
 - o Sturen op fosfor, bij pieken inlaat dichtzetten, dus ook vaker meten.
- Doorzicht en algen volgen
 - o Doel van het doorspoelen is om algen laag te houden en doorzicht hoog. Dit is vooral in het voorjaar (tot in de zomer) van belang voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Indien er in het voorjaar geen verbetering is van het doorzicht kan overwogen worden eerder te stoppen, zodat er niet onnodig extra veel voedingsstoffen worden aangevoerd.
- Verwijderde waterplanten
 - o Totaal kg verwijderd per keer (altijd, vooral als het meer wordt)
 - o P gehalte per keer (eerste paar jaar op verschillende tijdstippen per jaar)

Aanvullend advies

Nader uitwerken en modeleren

Voor meer zekerheid verdient het aanbeveling om deze adviezen door te rekenen met nieuwe waterbalansen en het model PCLake. Daarbij kan ook specifieker gekeken worden naar seizoenen en maanden ipv jaargemiddelden. Ook verdient het aanbeveling een combinatie van maatregelen door te rekenen zonder doorspoelen en/of defosfateren. Samen met een nog op te stellen kostenraming voor beide varianten kan dan een goede afweging worden gemaakt.

pH verder onderzoeken

De pH is regelmatig zo hoog dat deze toxisch is voor driehoeksmosselen. Waarschijnlijk zal dit ook voor problemen zorgen voor andere organismen, bijvoorbeeld vis en macrofauna. Geadviseerd wordt om te onderzoeken welke problemen de hoge pH kan veroorzaken en of er toch mogelijkheden om de pH omlaag te brengen, hoewel er nu geen mogelijkheden in beeld zijn.

15. Literatuur

- ATKB; M. van de Ven, M. Koole; KRW visstandonderzoek waterschap Brabantse Delta 2020; 2020
- ATKB; M. Koole; KRW visstandonderzoek 11 waterlichamen waterschap Brabantse Delta 2014; 2015.
- Aquon; P. Bieren, Vegetatiekartering Binnenschelde 2019; 2019
- F.H.J.L Bloemendaal en J.G.M. Roelofs; Waterplanten en Waterkwaliteit; 1988
- B-Ware; Fons Smolders & Moni Poelen; Onderzoek Onderwaterbodems Markiezaatsmeer en Binnenschelde; Rapportnummer 2015.56; 2015
- B-Ware; Fons Smolders & Moni Poelen; Oriënterend fosfaatonderzoek bodems Markiezaatsmeer en Binnenschelde; Rapportnummer 2009.06; 2009
- B-Ware; Jose van Diggelen, Mike Lurling en Fons Smolders; Veldexperiment met Phoslock in de Binnenschelde t.b.v. blauwalg bestrijding (incl. verlenging winterperiode); RP-19.023.19.80; 2020
- Marco Beers, Janne Brouwers & Jelle Touwen, KRW-verkenner waterlichamen waterschap Brabantse Delta; Inzicht in effectiviteit van maatregelen en haalbaarheid van doelen; definitief; 5 maart 2020.
- C.A. van Diepen, G.H.P. Arts, J.W.H. van der Kolk, A. Smit, J. Wolf, Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van de nutriëntenbelasting in Noord-Brabant; Deelrapport 4: Mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering; 2002
- De Roo, P., 2017. Binnenschelde: Jartesten met aluminiumzouten en de invloed daarvan op troebelheid, fosfaat en pH. Kostenindicatie bij toepassing een der zouten. Kemira Rotterdam B.V.
- John Mark Hanson and William C. Legget, 1982, Empirical Prediction of Fish Biomass en Yield.
- J. Kampen, M. Koole; 2009; Visstandonderzoek Volkerak-Zoommeer november-december 2008
- Milieu en Natuur Planbureau (MNP), M. Klinge, Kosten en Baten van actief Visstandbeheer; Achtergrondrapport Ex-ante evaluatie KRW, 2008.
- Sportvisserij Nederland, Factsheet quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1997), 2014
- Sterner, R.W. & N.B. George, 2000. Carbon, nitrogen, and phosphorus stoichiometry of cyprinid fishes. *Ecology* 81(1): 127-140.
- Stowa; Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water, 2021-2017; rapport 2018,49; derde druk 2018.
- Tauw; Harm Landman en Susan Sollie; Pilot-project toepassing coccolietenkrijt (calciet) in oppervlaktewater; 2016.
- Van Diggelen, J. & F. Smolders, 2018. Test toepassing PAX-XL 19 in de Binnenschelde t.b.v. blauwalgflocculatie. Kolomexperimenten. B-WARE Research Centre, rapportnummer RP-17.146.18.69, Nijmegen.
- Wageningen University en Research, J.C. van Rijssel, O.A. van Keeken, J.J. de Leeuw; Vismonitoring Rijkswateren t/m 2019; Deel 1: Toestand en trends; 2020

Van Diggelen, J. & F. Smolders, 2019. Test toepassing Phoslock behandelingen in de Binnenschelde t.b.v. blauwalgflocculatie. Kolomexperimenten. B-WARE Research Centre, rapportnummer RP-17.146B.19.15, Nijmegen.

Witteveen en Bos; Kosten en baten van actief visstandbeheer; achtergrondrapport Ex-ante evaluatie KRW; 2008

Witteveen en Bos; Ontwerp paai- en opgroeigebied Binnenschelde; 1994.

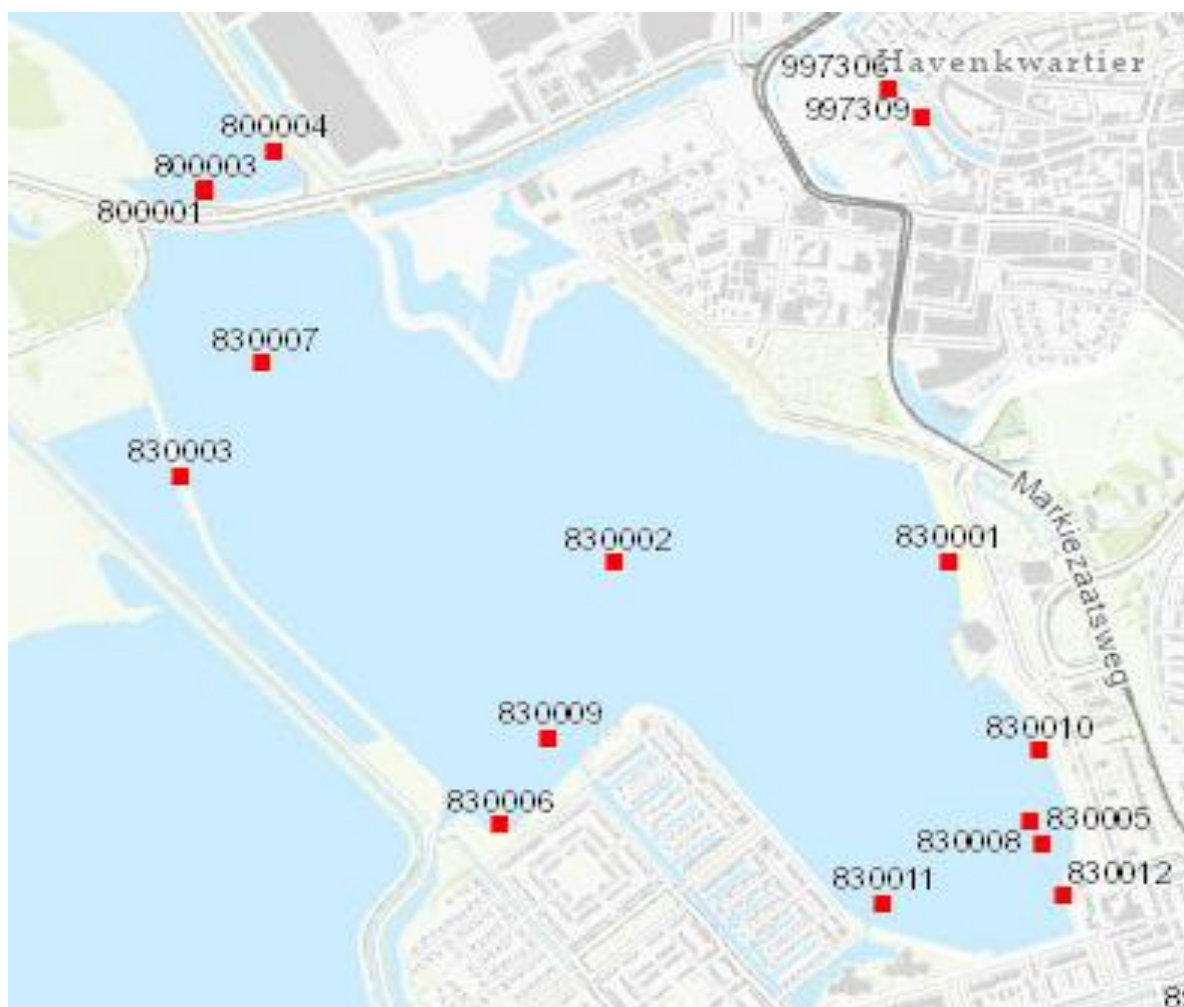
Witteveen en Bos; Watersysteemanalyse Markiezaatsmeer-Binnenschelde; 2016

Wageningen University & Research, J.C. van Rijssel, O.A. van Keeken en J.J. de Leeuw, Vismonitoring Rijkswateren t/m 2019, Deel 1: Toestand en trends, 2020

Bijlage 1: Meetpunten

Het meetpunt 830002 ligt midden op de Binnenschelde en van dat meetpunt zijn de meeste gegevens beschikbaar. Dat meetpunt wordt gebruikt voor de meeste grafieken en langdurige reeksen en wordt bedoeld met 'Binnenschelde'.

Binnenschelde	Meetpunten Zoommeer
830007	800001
830002	800003
830009	800004
830001	
830010	Vispaaigebied
830008	830003
830005	
830012	Stedelijk gebied
830011	830004
830006	840001
830009	840002



Bijlage 2: debieten en fosfor belasting

Fosforbelasting bij maximum debiet concentratie gemiddelde 2017-2020

	mg P/l	kg P/maand	mgP/m ² /dag
jan	0,08	47	0,84
feb	0,06	33	0,61
mrt	0,09	48	0,87
apr	0,10	53	0,98
mei	0,11	59	1,06
jun	0,11	62	1,14
jul	0,11	61	1,09
aug	0,10	57	1,03
sep	0,12	62	1,15
okt	0,11	64	1,15
nov	0,08	45	0,83
dec	0,07	40	0,71
jaar	0,10	630	0,95

Fosforbelasting bij maximum debiet en defosfateren naar 0,33mgP/l

defosfateren	mg P/l	kg P/maand	mg P/m ² /dag
jan	0,03	15	0,28
feb	0,02	11	0,20
mrt	0,03	16	0,29
apr	0,03	18	0,32
mei	0,03	19	0,35
jun	0,04	20	0,38
jul	0,04	20	0,36
aug	0,03	19	0,34
sep	0,04	20	0,38
okt	0,04	21	0,38
nov	0,03	15	0,27
dec	0,02	13	0,24
jaar	0,03	208	0,31