

RAPPORT

Blauwalgen in De Veste

Synthese van de onderzoeksresultaten 2018

Klant: gemeente Geertruidenberg en Waterschap Brabantse
Delta

Referentie: BF5862TPRP1903271338

Status: Concept/P01.01

Datum: 5 augustus 2019



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Larixplein 1
5616 VB EINDHOVEN
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 42 50 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Blauwalgen in De Veste

Ondertitel:
Referentie: BF5862TPRP1903271338
Status: P01.01/Concept
Datum: 5 augustus 2019
Projectnaam: Blauwalgen De Veste
Projectnummer: BF5862-101-100
Auteur(s): Frank van Herpen

Opgesteld door: Frank van Herpen

Gecontroleerd door: Boris Smulders

Datum/Initialen:

Goedgekeurd door:

Datum/Initialen:

Classificatie

Open



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Introductie	1
1.1	Blauwalgen in De Veste	1
1.2	Het onderzoeksgebied	2
1.3	Doelstelling	3
1.4	Onderzoek 2018	5
2	Ecologische Sleutelfactoren voor De Veste	10
2.1	Ecologische Sleutelfactor 1: Productiviteit water	11
2.2	Ecologische Sleutelfactor 2: Lichtklimaat	12
2.3	Ecologische Sleutelfactor 3: Productiviteit Bodem	13
2.4	Ecologische Sleutelfactor 4: Habitatgeschiktheid	14
2.5	Ecologische Sleutelfactor 5: Verspreiding	16
2.6	Ecologische Sleutelfactor 6: Verwijdering	16
2.7	Ecologische Sleutelfactor 7: Organische Belasting	16
2.8	Ecologische Sleutelfactor 8: Toxiciteit	17
2.9	Ecologische Sleutelfactor 9: Context	18
2.10	Samenvatting Ecologische Sleutelfactoren	18
3	Maatregelen voor De Veste	19
3.1	Verbeteren doorspoeling en verminderen nutriëntenaanvoer	19
3.2	Waterbodem	23
3.3	Moeraszone	25
3.4	Visstand	25
3.5	Kleine aanvullende maatregelen	25
3.6	Kosten van de maatregelen	27
4	Een gedragen maatregelenpakket	28

1 Introductie

1.1 Blauwalgen in De Veste

De historische stadsgracht 'De Veste' van Geertruidenberg kampt met overlast door blauwalgen. In de zomer van 2013 is sprake geweest van een ernstige overlast voor omwonenden (stank). De overlast betekent ook dat er risico's kunnen zijn voor volks- en diergezondheid. In februari 2014 hebben de gemeente Geertruidenberg en waterschap Brabantse Delta de handen ineengeslagen om dit probleem gezamenlijk aan te pakken. Zij worden hierbij ondersteund door een projectgroep bestaande uit omwonenden en gebruikers van het water.



Figuur 1-1 Metingen door het waterschap aan een drijfslag in De Veste (ter hoogte van de Commandeursstraat).

De afgelopen jaren zijn er metingen gedaan aan de waterkwaliteit en is een eerste onderzoek naar de oorzaken van de overlast door blauwalgen gedaan en uitgezocht aan welke knoppen het best gedraaid kan worden om verbetering te realiseren (Van Bruggen 2015). Tijdens dit onderzoek zijn een aantal kennisleemten met bijbehorende onderzoeksvragen aan het licht gekomen. Het aanpakken van de oorzaken van overlast door blauwalgen kan een kostbare aangelegenheid zijn vanwege de aard van de benodigde maatregelen. Vandaar dat er in 2018 een vervolgonderzoek is uitgevoerd zodat de leemten kunnen worden ingevuld.

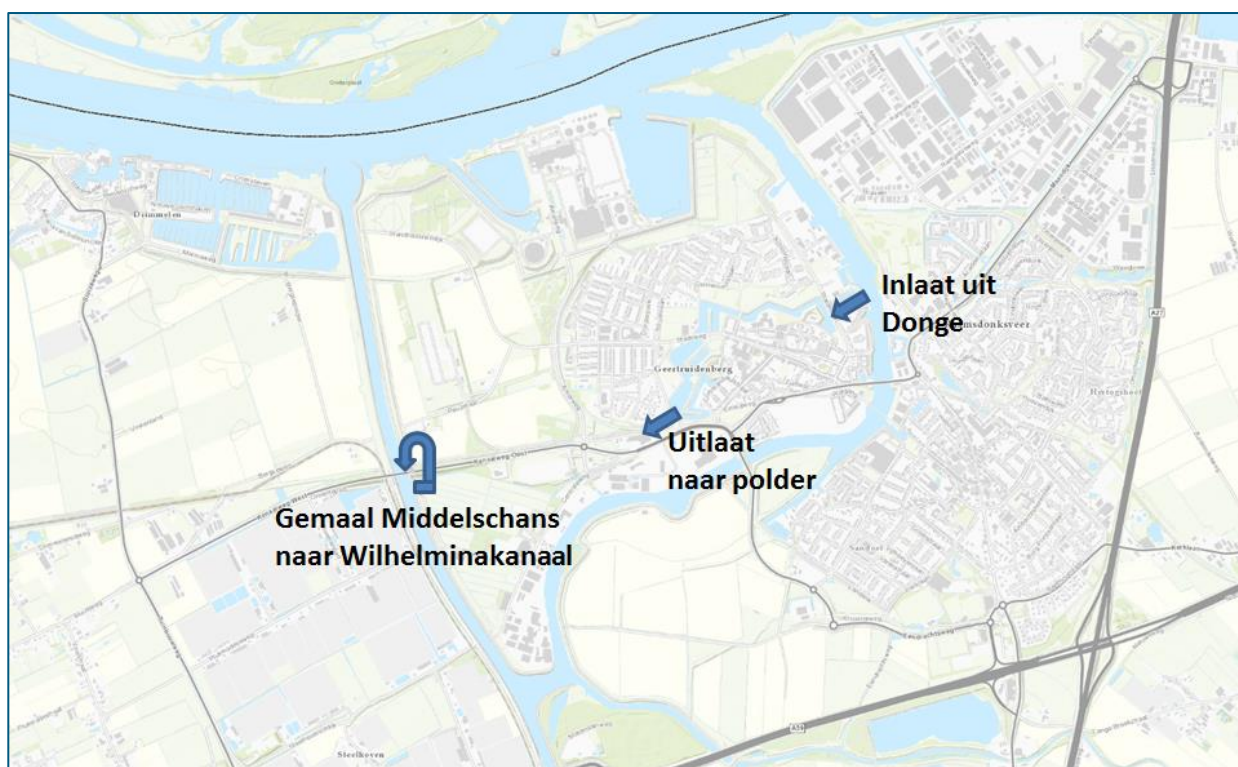
Met deze gegevens kan er uiteindelijk een effectief, afgewogen, uitvoerbaar en gedragen maatregelpakket worden opgesteld door gemeente en waterschap. Om structureel de oorzaken van het probleem aan te pakken en te streven naar een verbetering op de lange termijn heeft een brongerichte aanpak (= wegnemen van de oorzaken) de voorkeur boven symptoombestrijding (= alleen aanpak overlast).



Figuur 1-2 Waterschap Brabantse Delta heeft een video die laat zien wat blauwalgen zijn, waardoor er overlast kan ontstaan door overmatige groei van blauwalgen, wat daar aan kan worden gedaan en welke partijen daar een rol in kunnen spelen. In de video komen aan het woord: een blauwalgen deskundige van de universiteit Wageningen, een bewoner en de blauwalgen deskundige van waterschap Brabantse Delta. <https://vimeo.com/133756405>

1.2 Het onderzoeksgebied

De Veste ligt rondom de oude vestingstad Geertruidenberg. Bij de jachthaven wordt water ingelaten. Via de uitlaat bij de Oude stadsweg wordt water uitgelaten naar het landelijk gebied. Dit water wordt uiteindelijk via Gemaal Middelschans weer het gebied uit gepompt (Figuur 1-3).



Figuur 1-3 De ligging van De Veste met de hoofdroute van het water.

In het vervolgonderzoek in 2018 zijn de volgende locaties in De Veste en de omgeving daarvan in beschouwing genomen (Figuur 1-4):

- 1 Overstort Haven
- 2 Elisabethstraat (gescheiden rioolstelsel, alleen daken afgekoppeld)
- 3 Duiker Zoutmanstraat en overstort Zoutmanstraat
- 4 Kloosterstraat (gescheiden rioolstelsel, daken en wegen afgekoppeld, nieuwe ontwikkeling)
- 5 Overstort Poternestraat en doodlopend gedeelte De Veste
- 6 Overlastlocatie voor tuinen langs het water
- 7 Overstort Emmaweg en doodlopend gedeelte De Veste met rietkraag en lozingspunt Hemelwaterriool Stationsweg
- 8 Uitlaat uit De Veste naar B-watergang
- 9 Spoelpomp aanwezig sinds 2017
- 10 Duiker Stadsweg
- 11 Van Beverenlaan (hemelwaterriool) en drainage voetbalvelden
- 12 Voormalige vuilstort
- 13 Bergbezinkbasin met overstort Statenlaan
- 14 Inlaatpunt bij Jachthaven
- 15 Stationsweg (hemelwaterafvoer, loost op ca. 300 meter bermsloot die uitkomt op De Veste)



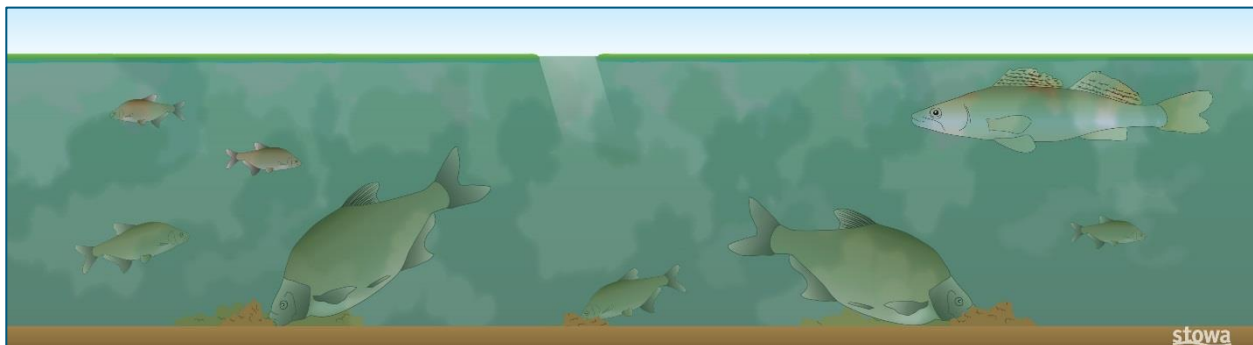
Figuur 1-4 De onderzoekslocaties binnen De Veste.

1.3 Doelstelling

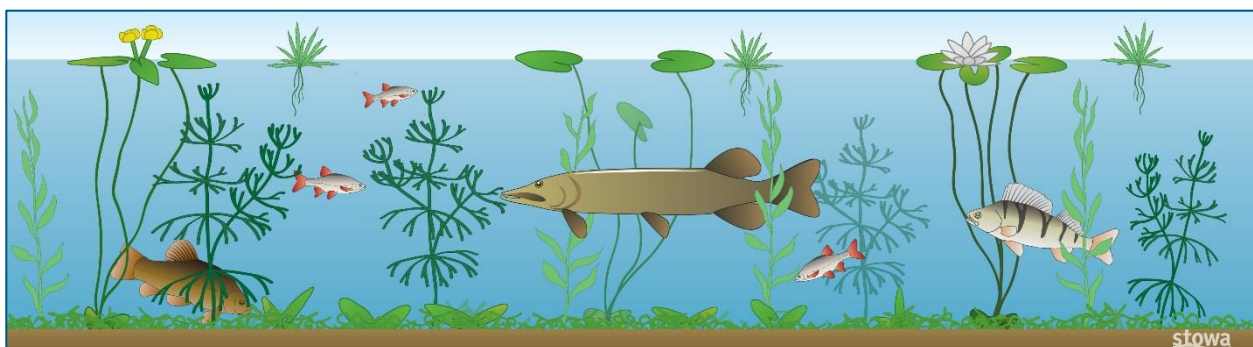
Ondiepe meren in Nederland komen vaak in één van de volgende twee verschijningsvormen voor:

- zeer troebel en algenrijk met bijna geen waterplanten (Figuur 1-5)
- helder, met goed doorzicht en rijk aan diverse soorten waterplanten (Figuur 1-6);

De gemeente en het waterschap hebben als doelstelling voor De Veste om het water door een systeemgerichte aanpak helder te krijgen met, een lage concentratie aan voedingsstoffen en veel waterplanten.



Figuur 1-5 Schematische weergave van troebel water met blauwalgen. Het water kleurt door de blauwalgen vaak groenblauw. (Ondergedoken) waterplanten komen sporadisch voor doordat er (vrijwel) geen zonlicht op de waterbodem terecht komt in het groeiseizoen. Deze toestand komt voor in stagnante wateren (met relatief weinig wind en stroming) die gevoed worden door nutriëntrijk water. Viswatertypen die passen bij troebel water met veel blauwalgen zijn brasem -snoekbaars en blankvoorn - brasem (meren en plassen) (Cusell e.a. 2018).



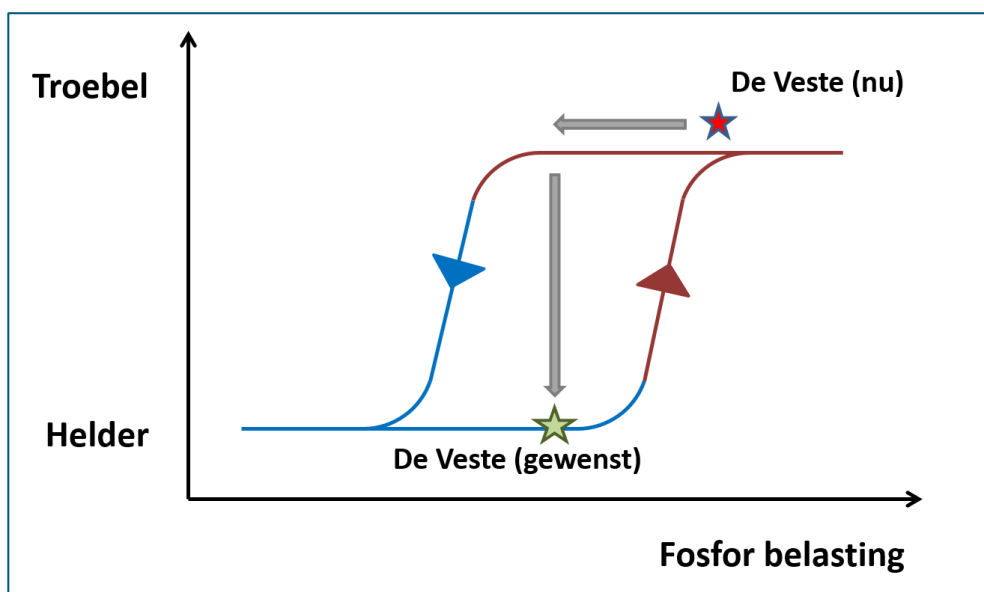
Figuur 1-6 Schematische weergave van helder water met gevarieerde ondergedoken waterplanten. In deze heldere watersystemen komen veel verschillende (ondergedoken) waterplanten naast elkaar voor. die overleven met relatief weinig nutriënten, waardoor niet de gehele waterkolom gevuld is met waterplanten. Viswatertypen die vaak in dit watertype met een variatie aan waterplanten voorkomen baars-blankvoorn, snoek - blankvoorn en ruisvoorn – snoek (Cusell e.a. 2018).

Vaak zijn in Nederland de hoeveelheden voedingsstoffen zoals stikstof (N) en fosfaat (P) bepalend of een meer helder of troebel is. Als de hoeveelheid voedingsstoffen bijvoorbeeld toeneemt dan kan een helder water omslaan naar een troebel systeem waarin algen gaan domineren.

Kenmerkend voor de ecologische toestand van ondiepe meren is dat, of ze nu helder of troebel zijn, het erg lastig kan zijn om van de ene verschijningsstaat naar de andere over te gaan. Het ecosysteem biedt zogezegd weerstand tegen verandering:

- Een plantenrijk en helder meer houdt zichzelf helder doordat de planten voedingsstoffen opnemen en daardoor algen minder kans krijgen om te groeien. Daarnaast houden de wortels van de planten het bodemslib vast, waardoor er weinig slib in opwerveling raakt en daardoor dringt er voldoende licht door tot de bodem voor de planten om te groeien.
- Een algenrijk en troebel meer blijft daarentegen vaak troebel doordat de algen zo weinig licht doorlaten tot de bodem dat plantengroei belemmerd wordt. Daarnaast kan het slib in deze situatie makkelijker opwervelen, want het wordt nu immers niet vastgehouden door plantenwortels, waardoor er nog minder licht de bodem bereikt. Omdat de algen hoger in de waterkolom zitten hebben ze zelf minder last van het weinige licht op de bodem.

Doordat deze processen zichzelf versterken, kan het voorkomen dat een meer bij dezelfde hoeveelheid voedingsstoffen in het ene geval helder en plantenrijk en in het andere geval troebel en algenrijk is. Dit worden alternatieve stabiele toestanden genoemd (Figuur 1-7)



Figuur 1-7 schematische weergave voor de stabiele toestanden voor een meer. Bij één belasting met voedingsstoffen (meestal fosfor) kan een meer zowel helder als troebel zijn.

1.4 Onderzoek 2018

De onderzoeksvragen zijn verdeeld over vier thema's die van belang zijn voor het ecologisch gezond functioneren van het watersysteem:

- 1 Reductie externe fosforbelasting;
- 2 Reductie interne fosforbelasting;
- 3 Verhogen draagkracht;
- 4 Gedrag en handelwijzen.

De reductie van de **externe fosforbelasting** gaat over het terugdringen van de voedingsstoffen die van buitenaf in De Veste terecht komen. Daarbij is gekeken naar:

- Verminderen fosforaanvoer met inlaatwater uit de Donge (verminderen of zuiveren van inlaatwater);
- Verbeteren doorstroming als aanvulling op inlaatwater (verhogen volume doorspoelen, optimalisatie bestaande duikers, mogelijkheid voor nieuwe duiker onder de Stadsweg);
- Bepalen van de hoeveelheid voedingsstoffen die via het grondwater in De Veste uitkomen;
- Mogelijkheden tot verplaatsen en/of zuiveren van het water uit de hemelwaterriolering en een onderzoek aan de effecten van het vaker vegen van straten en reinigen van straatkolken;
- Mogelijkheden tot optimalisatie van het rioolstelsel ter vermindering van de overlast voor de overstort aan de Poternestraat (Figuur 1-8).

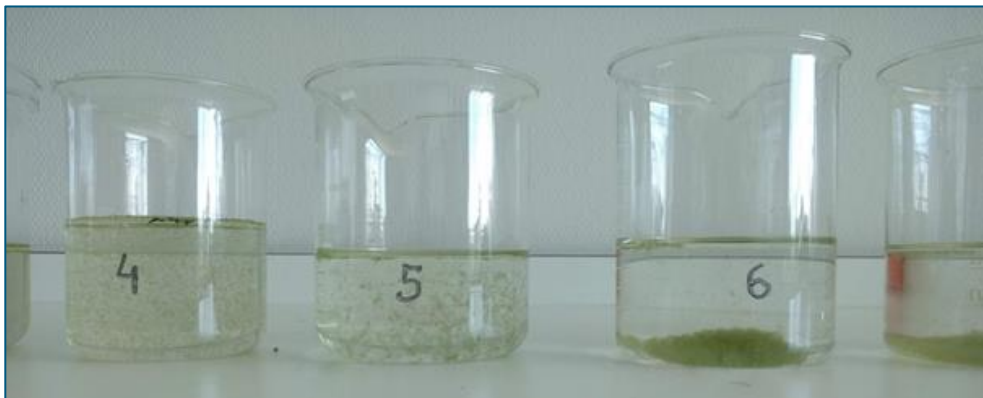


Figuur 1-8 Bij de Commandeursstraat ligt een inham van De Veste waarop een gemengde overstort op uitkomt. Op deze locatie ervaren de omwonenden veel overlast door stank en drijfzagen.

De reductie **interne fosforbelasting** gaat over het terugdringen van de voedingsstoffen uit de waterbodem. De onderzoeken die zijn uitgevoerd gaan over:

- Het bepalen van de nalevering van de voedingsstoffen uit de waterbodem
- Het bepalen van de slibdikte
- Het bepalen van mogelijke maatregelen (baggeren, uitvlokken van algen en chemische fixatie)

Figuur 1-9



Figuur 1-9 Door het toevoegen van de juiste concentratie van chemische middelen is het mogelijk om de algen uit te laten zakken naar de bodem waardoor ze minder overlast opleveren (foto: De Senerpont Domis en Teurlincx 2018).

De ecologische **draagkracht** van het systeem (de 'weerstand') kan worden verhoogd door het verbeteren van inrichting van De Veste, bijvoorbeeld door het aanleggen van moeraszones. Hierdoor neemt het zelfreinigende vermogen van het watersysteem toe (soorten zoals riet en lisdodde zuiveren het water) en ontstaat er meer habitat voor gewenste roofvissen zoals snoek. Voor dit thema zijn onderzocht:

- Vergunningen (bepalen of het mogelijk is om moeraszones aan te leggen gelet op cultuurhistorische waarde, ligging van kabels en leidingen etc)
- Bepalen van de effectiviteit van een moeraszone
- Bepalen van de omvang en kosten van een moeraszone (Figuur 1-10)
- Stimuleren groei van zoetwatermosselen (die eten algen) (Figuur 1-11)



Figuur 1-10 Op kleine stukjes is in De Veste al moerassige vegetatie aanwezig.



Figuur 1-11 zoetwatermosselen kunnen helpen om het water helder te maken doordat de mosselen de algen opeten (foto: waterschap Brabantse Delta).

Tot slot kan een verandering in het gedrag of **gebruiksfuncties** van De Veste ook een positieve bijdrage hebben aan het ecologisch functioneren. Daarbij is in het onderzoek van 2018 gekeken naar:

- het effect van schapenmest (door begrazing van de steile taluds) op de voedingsstoffen in het water door middel van een proefopstelling Figuur 1-12

- onderzoek aan de huidige en de gewenste samenstelling van de visstand (Figuur 1-13)
- communicatietraject gericht op de opruimplicht voor hondenpoep en het niet voeren van eendjes (Figuur 1-14)
- extra poep ruimen in de hondenuitlaatzone langs het water



Figuur 1-12 meetgoot voor het onderzoek aan de kwaliteit van het water dat bij regen over het talud afstroomt naar De Veste.



Figuur 1-13 Spiegelkarper gevangen in het onderzoek aan de visstand van de Veste (foto: Janssen 2018).



Figuur 1-14 De gemeente en het waterschap starten een informatie-traject voor bezoekers en omwonenden van De Veste door het plaatsen van informatieborden.

Technische Rapportages

Voor elk van de vier onderzoeksthema's is er een technisch rapport gemaakt waarin een antwoord wordt gegeven op de onderzoeksvragen. Daarnaast is er een achtergrondrapport gemaakt waarbij de ecologische modellering is beschreven.

2 Ecologische Sleutelfactoren voor De Veste

STOWA heeft de methodiek van de Ecologische Sleutelfactoren (ESF) ontwikkeld voor gebruik in het waterbeheer (Von Meijenfeldt e.a. 2014). De ecologische sleutelfactoren maken het mogelijk om een gestructureerde, reproduceerbare en hiërarchische analyse van een watersysteem te maken. In een vaste volgorde worden stap voor stap de bepalende factoren (voorwaarden) doorgenomen voor een ecologisch goed functionerend watersysteem. Hierbij wordt er gekeken naar de bepalende processen. Er wordt daarbij een relatie gelegd tussen stuurknoppen en beheersinstrumenten. De sleutelfactoren zijn praktisch toepasbaar en makkelijk te begrijpen, waardoor ze goed inzetbaar zijn voor communicatie doeleinden en in (bestuurlijke) besluitvorming. De sleutelfactoren hanteren een stoplichtenmethodiek. Voor een goed en gezond watersysteem moeten alle ESF op 'groen' staan.

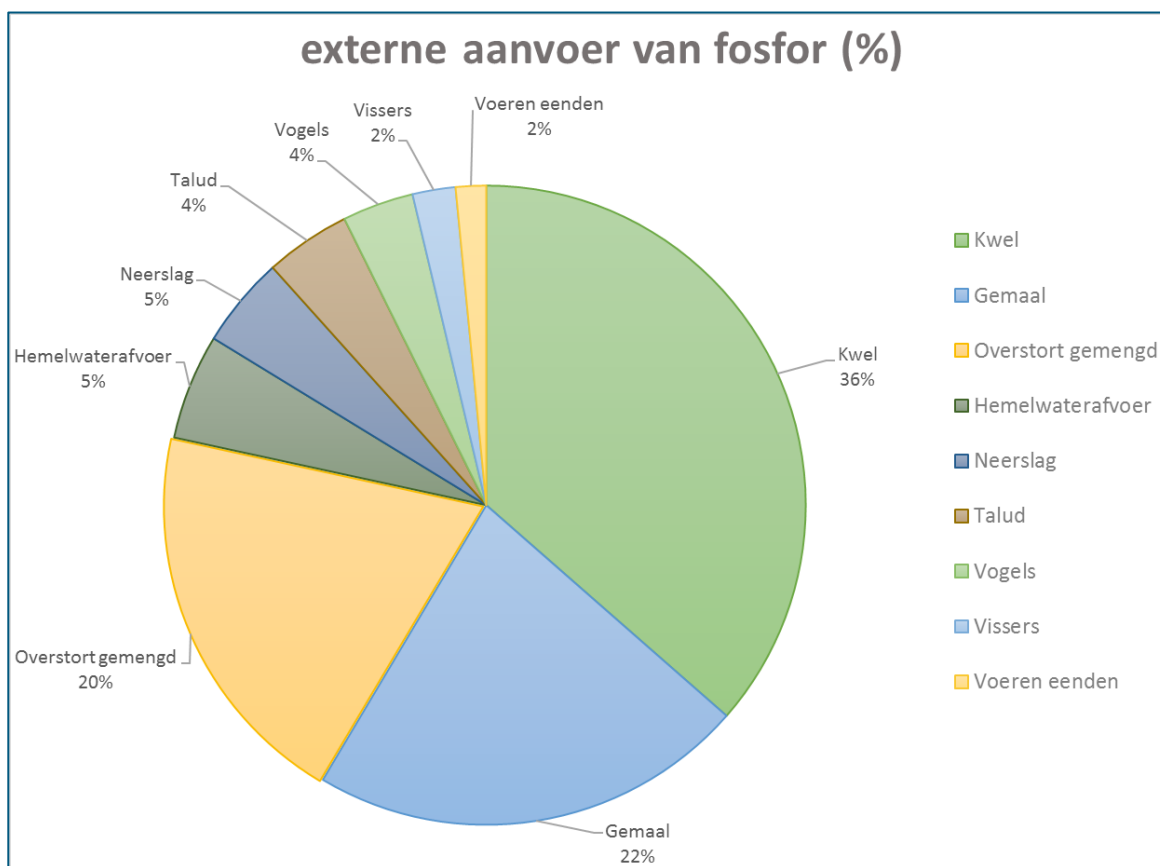


Figuur 2-1 Het raamwerk van de ecologische sleutelfactoren voor stilstaande wateren. Voor een gezond functionerend watersysteem moeten alle sleutelfactoren vrij zijn van knelpunten.

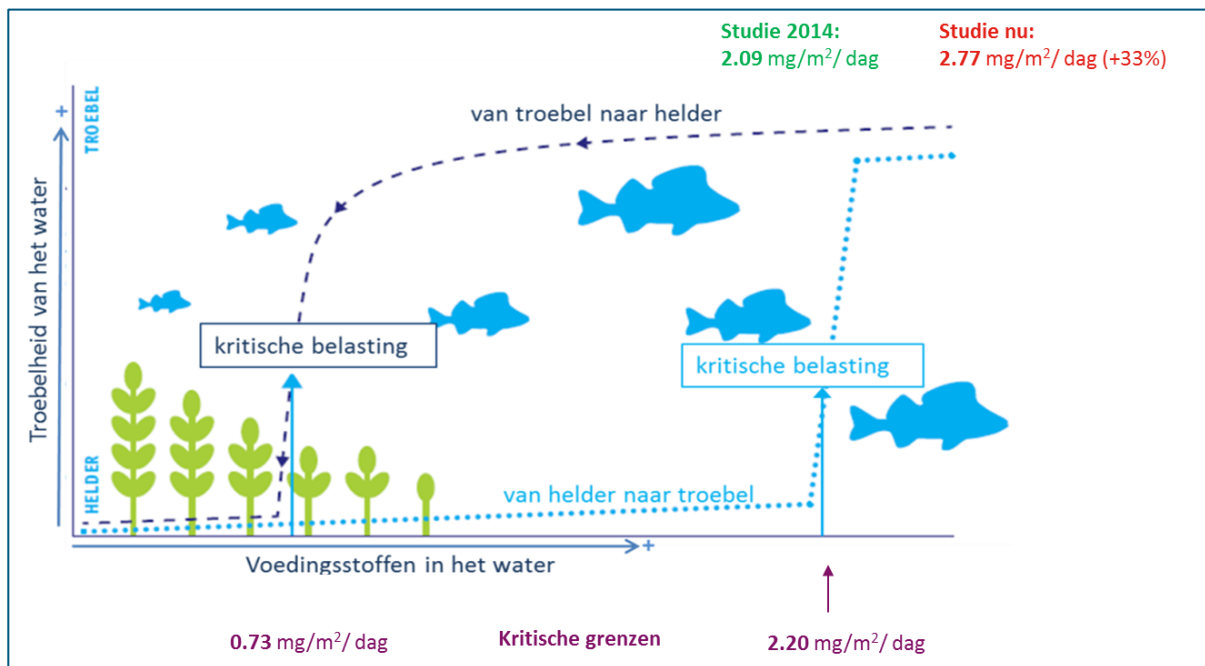
2.1 Ecologische Sleutelfactor 1: Productiviteit water

De productiviteit van water wordt voor een groot deel bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten (voedingsstoffen). Deze bevorderen de groei van planten en algen, en hebben dus invloed op de productiviteit van het ecosysteem. De vraag bij deze ESF is dus of de condities in het water zodanig zijn dat algendominantie belemmerend is voor de groei van ondergedoken waterplanten. Om deze vraag te beantwoorden moet worden gekeken of de externe belasting (aanvoer van voedingsstoffen van buitenaf) lager of hoger is dan de kritische belasting (maximale opnamecapaciteit) van het systeem. De kritische belasting is de nutriëntenbelasting waarbij het systeem overgaat van de ene stabiele ecologische toestand naar de andere toestand. Als blijkt dat de externe belasting hoger is dan de kritische belasting van het watersysteem, dan is de productiviteit dusdanig hoog dat algen of kroos domineren en waterplanten verdwijnen. ESF 1 staat in dat geval 'op rood'. Indien de externe belasting lager is dan de kritische belasting is de productiviteit van het water niet belemmerend voor het groeien van ondergedoken waterplanten. ESF 1 staat in dat geval 'op groen'.

Voor De Veste komt het grootste deel van de aanvoer van fosfor uit de kwel. Daarna zijn de inlaat en de gemengde overstorten de grootste posten (Figuur 2-2). De actuele belasting ligt op basis van het nadere onderzoek uit 2018 33% hoger dan aangenomen in de studie uit 2014 (Van Bruggen 2015). Dat komt met name door de bijdrage vanuit kwel en de gemengde overstorten. De bijdrage vanuit de hemelwaterriolering is juist een stuk kleiner dan gedacht. Doordat de actuele belasting fors hoger is dan de kritische grens voor een stabiel heldere toestand moet eerst de externe belasting (aanvoer voedingsstoffen) fors worden teruggebracht voordat andere maatregelen effectief kunnen zijn (Figuur 2-3).



Figuur 2-2 Bijdrage van de verschillende bronnen aan de nutriëntenbelasting van De Veste (referentiejaar 2014) voor totaal-fosfor. Dit betreft alleen de externe aanvoer van bronnen en niet eutrofiëring vanuit de waterbodem (zie ESF 3). 100% komt overeen met de actuele belasting van 2.77 mg P / m² / dag uit figuur 2-3.



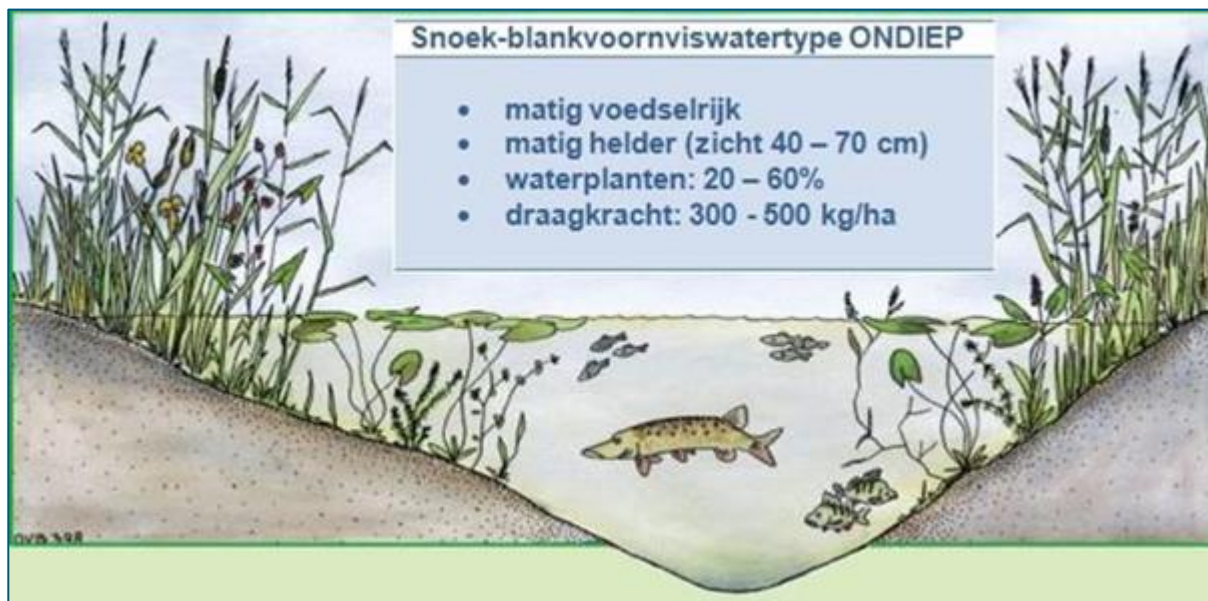
Figuur 2-3 De ligging van de kritische grenzen (in paars, studie 2014), ten opzichte van de actuele belasting zoals ingeschat in 2014 (groen) en in 2018 (rood). De actuele belasting van 2.77 mg P / m² / dag komt overeen met 100% uit figuur 2-2.

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Productiviteit water	 Productiviteit water	Op dit moment worden er te veel voedingsstoffen van buitenaf aangevoerd. Deze komen vooral binnen via de kwel, de overstorten uit de riolering en via het inlaatwater uit de Donge dat wordt gebruikt om De Veste door te spoelen.
		Door het uitvoeren van een combinatie van maatregelen is het mogelijk om voor De Veste de externe nutriëntenbelasting ver genoeg terug te dringen om het risico op het optreden van blauwalgen te verkleinen. Dat vraagt met name om de sanering van de overstorten en het beperken en/of zuiveren van het inlaatwater.

2.2 Ecologische Sleutelfactor 2: Lichtklimaat

Met de ESF 2 wordt het lichtklimaat onder water (helderheid) in beeld gebracht in relatie tot stoffen en factoren die daar invloed op kunnen hebben. Voor de groei van waterplanten is voldoende licht in het watersysteem nodig. De beschikbaarheid van licht kan worden beperkt door onder andere de aanwezigheid van een grote biomassa van bodemwoelende vissen, door algen of door een te grote waterdiepte.

Op dit moment heeft De Veste een te groot bestand aan bodemwoelende vis (421.7 kg/ha). De Veste voldoet daarmee niet aan het streefbeeld voor de visstand dat waterschap en gemeente hebben geformuleerd.



Figuur 2-4 Streefbeeld van de visstand voor De Veste.

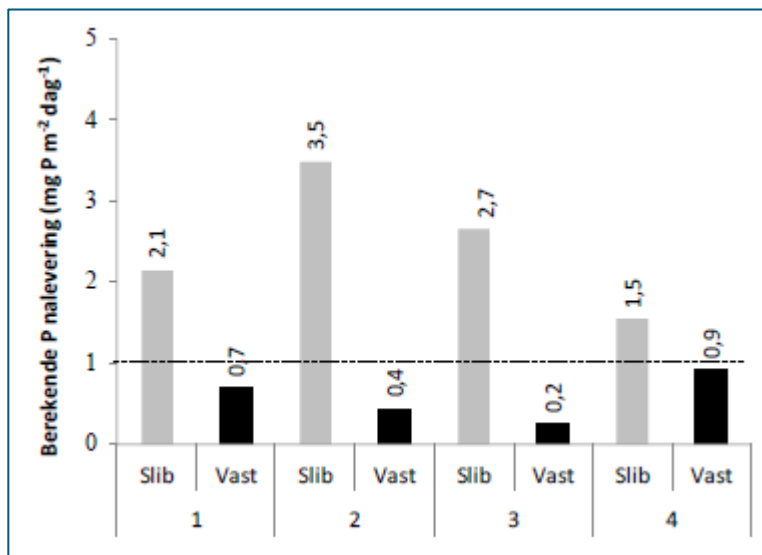
Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Lichtklimaat	 Lichtklimaat	Door het hoge bestand aan bodemwoelende vis en de algen (zie ESF1) is het lichtklimaat slecht. Na visstandbeheer is het mogelijk om de hoeveelheid bodemwoelende vis terug te dringen zodat de nagestreefde visstand bereikt kan worden. In combinatie met het terugdringen van de voedingsstoffen die zorgen voor algengroei is het mogelijk om De Veste voldoende helder te krijgen voor de groei van waterplanten.

2.3 Ecologische Sleutelfactor 3: Productiviteit Bodem

Deze ecologische sleutelfactor is gericht op de beschikbare hoeveelheid voedingsstoffen, met name fosfor, in de waterbodem. Als er licht op de waterbodem valt en er weinig algen zijn, dan kunnen waterplanten gaan groeien (ESF 1 & 2 op 'groen'). Wanneer in zo een geval de bodem vol zit met nutriënten (ESF 3 'op rood') domineren snelgroeiende, ondergedoken waterplanten. Deze situatie vraagt om veel (maai)beheer en zorgt voor overlast (massaal afsterven waterplanten in najaar, lastig voor recreatie). Een ander risico als er teveel voedingsstoffen in de waterbodem zitten is de nalevering van deze voedingsstoffen uit de waterbodem naar het water waardoor de algen weer beter kunnen groeien. Deze voedingsstoffen kunnen vrijkomen door de aanwezigheid van bodemwoelende vissen of zuurstofloze omstandigheden (vaak in de zomer in combinatie met teveel bagger).

Voor De Veste is vastgesteld dat de sliblaag onder zowel zuurstofrijke als zuurstofarme omstandigheden fosfor levert aan de waterfase. Dat bedraagt tussen de 1.5 en 3.5 mg P / m² / dag. Deze bijdrage komt dus nog bij de aanvoer van de externe eutrofiëring. De waterbodem onder de sliblaag is relatief schoon. Het voorkomen van nalevering vanuit de waterbodem is daarmee een randvoorwaarde voor het ecologisch

herstel. Het voorkomen van nalevering kan op meerdere manieren, bijvoorbeeld door chemische fixatie of door baggeren.



Figuur 2-5 Berekende nalevering voor de verschillende locaties voor het slib en de vaste waterbodem daaronder. Op locaties 1,2 en 3 is de P-concentratie in het poriewater van het slib dusdanig hoog dat hier ook bij een zuurstofhoudende waterlaag nalevering van P naar de waterlaag kan plaatsvinden. Op locatie 4 zal nalevering alleen optreden wanneer de waterlaag zuurstofarm wordt. De vaste waterbodem levert veel minder nutriënten na (Poelen en Smolders 2018).

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Lichtklimaat	 Lichtklimaat	Het profiel van de waterbodem is heterogeen en bestaat uit diepere geulen en wat ondiepere delen. De diepere geulen zijn volledig opgevuld met slib. De slibdikte in De Veste varieert van vrijwel afwezig tot plekken waar > 1 m slib ligt. De sliblaag levert fosfor na aan de waterlaag. Daarmee is de productiviteit van de bodem in De Veste te hoog en staat de sleutelfactor op 'rood'. Door de baggerlaag er volledig uit te halen of ervoor te zorgen dat de voedingsstoffen door chemische binding worden vastgelegd kan de sleutelfactor op 'groen' komen te staan.

2.4 Ecologische Sleutelfactor 4: Habitatgeschiktheid

Deze ecologische sleutelfactor is gericht op de belangrijkste habitateisen die organismen aan hun omgeving stellen. Structuurparameters die belangrijk zijn voor stedelijk water zoals in De Veste zijn de geometrie (breedte en diepte) van het water, begroeibaar areaal voor water- en oeverplanten, het oevertype, waterbodemtype en waterbodemdikte, bodemgebruik in de omgeving en de mate van beschaduwing. De aanleg van moeraszones en natuurvriendelijke oevers zorgt voor een toename van natuurlijk habitat dat geschikt is voor plantminnende vissoorten, waterplanten en macrofauna. Belangrijk is wel dat deze in het water worden aangelegd, en niet boven water in combinatie met een beschoeiing. Daarnaast zorgt de aanwezigheid van een moeraszone ervoor dat de draagkracht van het systeem

(robuustheid) wordt vergroot, wat er in combinatie met het terugdringen van de voedingsstoffen voor kan zorgen dat de groei van algen wordt beperkt.

Vanuit de monumentencommissie van de gemeente is aangegeven dat een moeraszone aangelegd kan worden op de oevers tegenover de vestingwerken. Dat maakt dat in de meer kwetsbare delen (zoals het luwe deel van De Veste) geen moeraszone kan worden aangelegd en daar ook geen effecten kunnen worden verwacht. Het benodigde areaal aan moeraszone bedraagt ten minste 10% van het wateroppervlak (breedte van ca 5.2 m uit de oever).



Figuur 2-6 Potentiele locatie voor de aanleg van een moeraszone en een indruk van de omvang van het areaal is ten opzichte van het wateroppervlak, uitgaande van een inrichting van 2,5%, 5% en 10% van het wateroppervlak. De lichtblauwe lijn geeft aan tot waar het talud komt in het water als een moeraszone wordt aangelegd van 10% met een helling van 1:3. De donkerblauwe lijn geeft aan tot waar het talud komt in het water als een moeraszone wordt aangelegd van 10% met een helling van 1:6.

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
		Momenteel is het habitat in De Veste uniform met steile oevers. Slechts op kleine stukjes staat oevervegetatie zoals riet in het water.
 Habitatgeschiktheid	 Habitatgeschiktheid	Door de monumentencommissie is aangegeven dat een moeraszone aangelegd kan worden op de oevers tegenover de vestingwerken. Door de aanleg van moeraszones (10% van het totale areaal) kan een verbetering worden bereikt in de kwaliteit van het habitat in De Veste. In de kwetsbare delen (zoals het

		luwe deel van De Veste) kan geen moeraszone worden aangelegd waardoor er daar geen effecten kunnen worden verwacht. Aanvullend kan door het aanbrengen van kratjes onder water substraat ontstaan waarop zoetwatermosselen kunnen vestigen. Deze mosselen filteren de algen uit het water.
--	--	--

2.5 Ecologische Sleutelfactor 5: Verspreiding

Bij deze ecologische sleutelfactor gaat het er om of er mogelijkheden zijn voor organismen om zich te verplaatsen van én naar watersystemen. Het gaat dan niet alleen om vissen, maar ook om planten(zaden) en macrofauna.

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Verspreiding	 Verspreiding	De Veste staat in open verbinding met De Donge en is daarmee goed bereikbaar voor soorten. De gewenste vissoorten zoals snoek zijn in lage hoeveelheden ook al aanwezig in De Veste.

2.6 Ecologische Sleutelfactor 6: Verwijdering

Deze ecologische sleutelfactor gaat over de verwijdering van de bodem, van planten en van dieren uit het watersysteem. Denk hierbij aan het verwijderen vanwege onderhoudsbeheer, zoals maaien en baggeren. Maar ook vraat aan planten door watervogels en de uitheemse rivierkreeften. Als ESF 4 en 5 (habitatgeschiktheid en verspreiding) goed zijn, kunnen specifieke soorten planten en dieren aanwezig zijn in het watersysteem. Echter als ze er weer uitgehaald worden door onderhoudswerkzaamheden of vraat dan kunnen ze niet of maar weinig worden teruggevonden in het watersysteem.

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Verwijdering	 Verwijdering	Door de algenbloei groeien er niet zoveel waterplanten waardoor er geen maaibeheer in het water wordt uitgevoerd. Het baggeren heeft een hele lage frequentie. De verwijdering is daarmee niet beperkend in het ecologisch functioneren van De Veste.

2.7 Ecologische Sleutelfactor 7: Organische Belasting

De organische belasting op een watersysteem kan bestaan uit veel verschillende bronnen. Het kan gaan om overstorten, ongezuiverde lozingen, uitwerpselen, ingewaaid blad, of brood dat in het water wordt gegooid om de eenden of vissen te voeren. Daarbij komt organisch materiaal in het water. Bij de afbraak van dit organisch materiaal is zuurstof nodig. Het kan dan ook voorkomen dat een hoge organische belasting leidt tot zuurstofloosheid. Dit kan resulteren in het sterven van organismen die afhankelijk zijn van zuurstof in het water, zoals vissen, maar ook in het groeien van bepaalde bacteriën die giftige stoffen produceren, of de nalevering van voedingsstoffen vanuit de waterbodem (productiviteit bodem, sleutelfactor 3).



Figuur 2-7 Schapenmest op talud De Veste na begrazing.

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Organische belasting	 Organische belasting	Het onderzoek aan de bijdrage van de afspoeling met schapenmest vanaf de taluds naar het water laat zien dat deze niet afwijkt van andere oevers (waar bv honden worden uitgelaten). De overstorten uit de riolering hebben een veel grotere bijdrage aan De Veste dan gedacht. Sanering van de overstorten (door zuivering of verplaatsing) is noodzakelijk. Na uitvoeren van maatregelen kan deze bron voor een groot deel worden weggevangen.

2.8 Ecologische Sleutelfactor 8: Toxiciteit

In een watersysteem kunnen bepaalde stoffen een toxisch effect hebben op de aanwezige planten en dieren. Het gaat hierbij om zware metalen, pesticiden, medicijnresten en andere microverontreinigingen. De plaats waar deze stoffen zich in het systeem bevinden en de vorm waarin ze voorkomen is bepalend voor het effect dat deze verontreinigingen hebben.

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Toxiciteit	 Toxiciteit	Gelet op het landgebruik in de omgeving (stedelijk gebied) en het ontbreken van puntlozingen met schadelijke stoffen is het niet aannemelijk dat toxiciteit beperkend is voor het ecologisch functioneren. Deze sleutelfactor staat op 'groen'.

2.9 Ecologische Sleutelfactor 9: Context

Een aantal van de functies voor stedelijk water leiden tot mogelijk conflicterende belangen rondom de gewenste inrichting en kwaliteit. Een voorbeeld hiervan zijn de bodemwoelende vissen (gewild door sportvissers) en het streven naar helder water. Deze sleutelfactor is vooral van belang voor het afwegen van de doelen en functies.

Huidig	Na maatregelen	Toelichting
 Context	 Context	De huidige gebruiksfunctie van sportvisserij gericht op karper en brasem past niet bij de doelstellingen voor een helder en plantrijk water. Er is sprake van conflicterende gebruiksfuncties.

2.10 Samenvatting Ecologische Sleutelfactoren

In onderstaande tabel is een samenvatting gegeven van de conclusies voor de ecologische sleutelfactoren.

Ecologische Sleutelfactor	Huidig	Na maatregelen	
Productiviteit			Kwel is het grootste aandachtspunt! Aanpassen van aanvoer (inlaat om kwel te verdunnen, sanering overstorten) en draagkracht (moeraszone, verblijftijd) zorgt ervoor dat heldere toestand haalbaar is.
Licht			Door open verbinding en gebruik als viswater lastig vrij te houden van bodemwoelende vis; inzetten mosselsubstraat
Bodem			Volledig baggeren (alle slib eruit) of door inzet chemicaliën / beluchting (pilot zomer 2019)
Habitat			Nu uniform; mosselkratten + moeras positief effect
Verbinding			Open verbinding: goed bereikbaar voor soorten
Organische belasting			Gemengde overstorten groot probleem; begrazing door schapen niet
Toxiciteit			Geen aanleiding om problemen te verwachten
Context			(potentieel) conflict tussen gebruiksfuncties

3 Maatregelen voor De Veste

Uit de uitgevoerde onderzoeken blijkt dat het voor De Veste mogelijk moet zijn om de overlast door blauwalgen tegen te gaan en het systeem om te vormen naar een toestand met helder water, een gevarieerde samenstelling van de vegetatie en een gezonde visstand.

Uitgangspunten voor een stabiel ecosysteem zijn:

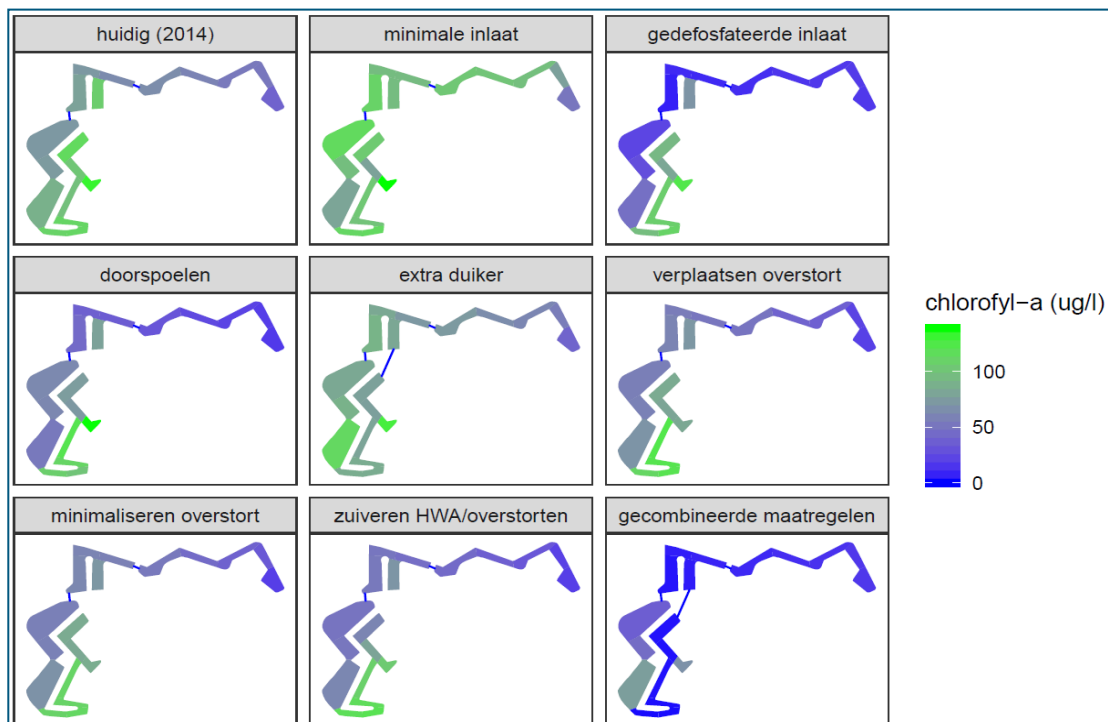
- Terugdringen van de externe aanvoer van voedingsstoffen;
- Verbeteren van de doorspoeling;
- Beperking van de nalevering vanuit het slib (waterbodem);
- Aanleg van een moeraszone;
- Een gezonde visstand.
- Draagvlak (en daarmee invloed op gedrag) voor een gezond ecosysteem).

Aan deze uitgangspunten moet allemaal worden voldaan om tot een stabiel helder ecosysteem te komen, het is geen keuzelijstje waaruit enkele maatregelen gekozen kunnen worden.

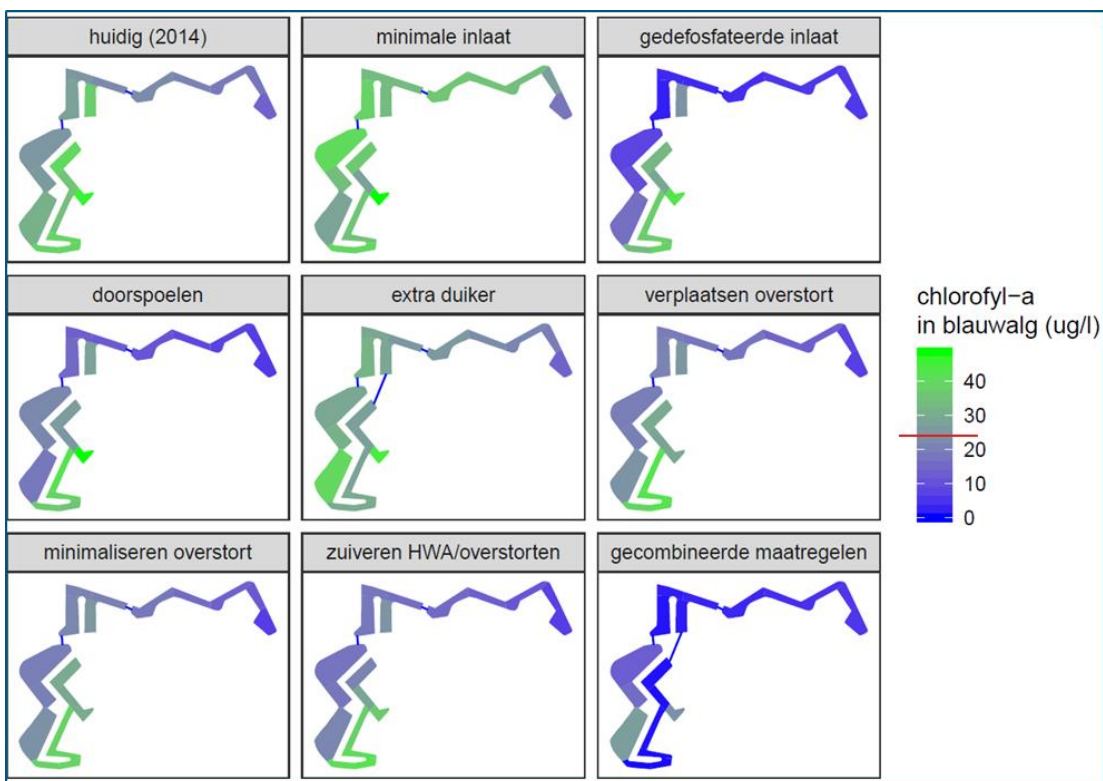
Daarnaast is draagvlak voor deze uitgangspunten bij de omwonenden en gebruikers essentieel. Zonder dit draagvlak is het lastig om de aanvoer van voedingsstoffen terug te dringen (denk aan minder voeren van eendjes, opruimen van hondenpoep) en het behouden van een gewenste visstand (minder brasem en karper en meer snoek).

3.1 Verbeteren doorspoeling en verminderen nutriëntenaanvoer

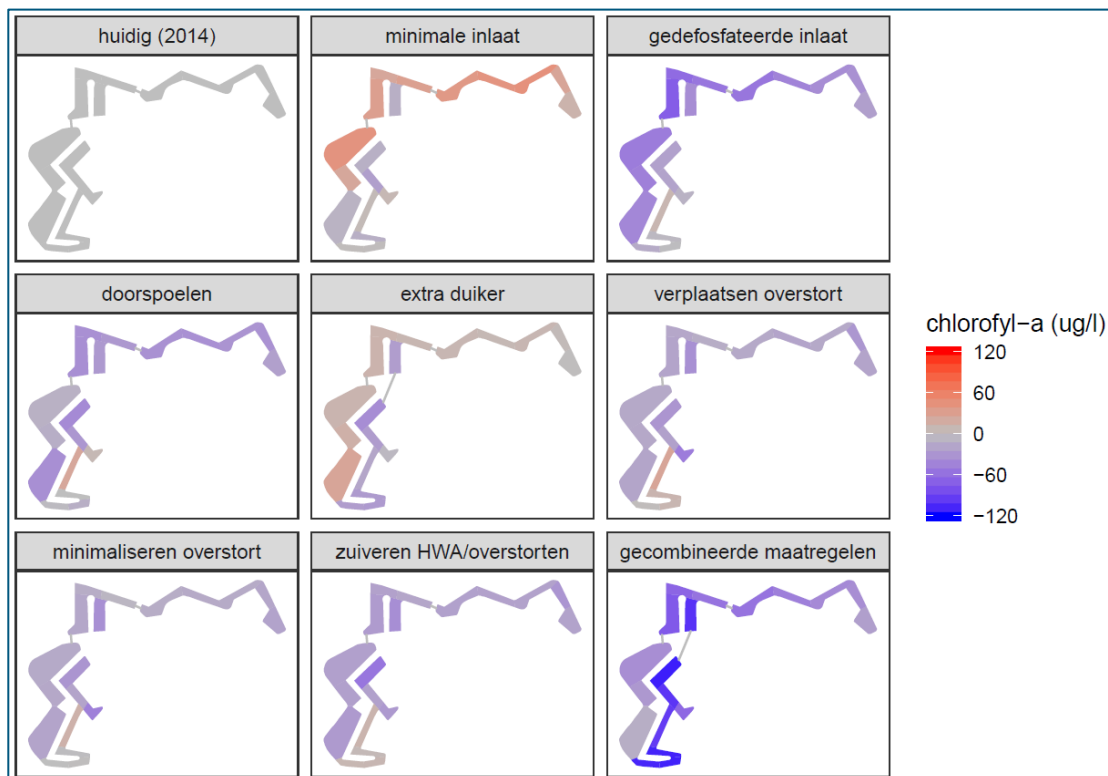
Voor het beantwoorden van een aantal van de onderzoeksvragen gericht op het terugdringen van de externe aanvoer van voedingsstoffen en de doorspoeling is gewerkt met een gecombineerd hydrologisch en ecosysteem-model. Met dit model is het mogelijk om de ontwikkelingen in de waterkwaliteit in De Veste ruimtelijk in beeld brengen en de effecten van maatregelen (exclusief de rol van de waterbodem) te beschouwen. In de kaarten hieronder is het mogelijk om de effecten van de verschillende maatregelpakketten te beschouwen. Als uitgangspunt bij de berekeningen met het ecosysteemmodel is aangenomen dat de visstand voldoet aan het streefbeeld, een moeraszone aanwezig is en de nalevering vanuit het slib is teruggedrongen (schone waterbodem). Deze kaarten zijn dus exclusief maatregelen in de waterbodem en visstand. In alle scenario's is ervanuit gegaan dat de visstand goed is en er geen sprake is van nalevering uit de waterbodem.



Figuur 3-1: Zomerhalfjaargemiddelde hoeveelheid **totale algen** (uitgedrukt in chlorofyl-a) zoals berekend met het ecosysteemmodel voor de verschillende scenario's.



Figuur 3-2: Zomerhalfjaargemiddelde hoeveelheid **blauwalgen** (uitgedrukt in chlorofyl-a) zoals berekend met het ecosysteemmodel voor de verschillende scenario's. Waterschap Brabantse Delta hanteert een grenswaarde van 25 ug/l voor blauwalgen chlorofyl.



Figuur 3-3: Verandering in zomerhalfjaargemiddelde hoeveelheid **totale algen** (uitgedrukt in chlorofyl-a) zoals berekend door SOBEK-PCLake voor de verschillende scenario's.

De maatregelen voor het verbeteren van de doorspoeling en de vermindering van de nutriëntenaanvoer zijn individueel gemodelleerd. Daarnaast is op basis van expertise een gecombineerd maatregelpakket opgesteld omdat het uitvoeren van de afzonderlijke maatregelen alleen onvoldoende effectief zal zijn voor De Veste.

Belangrijk om te realiseren is dat het gebruikte ecosysteemmodel niet de exacte waarheid in pacht heeft, maar dat het een hulpmiddel is om in te schatten welke maatregelen en maatregelcombinaties het meest kansrijk zijn om de waterkwaliteitsproblemen in De Veste tegen te gaan.

- **Minimaliseren van de inlaat** pakt slecht uit. Het biedt geen oplossing voor de waterkwaliteitsproblemen in de luwe tak (omdat het inlaatwater daar niet komt) en zorgt bovendien voor grotere kans op algen in het overige deel van De Veste. Dit komt mede doordat de interne waterbronnen belangrijker worden ten tijde van geen/weinig inlaat, en dat de interne waterstromen van de Veste (HWA, overstort en kwel) vaak viezer zijn/meer nutriënten bevatten dan het inlaatwater. Door het inlaatwater vindt er verdunning plaats en spoelt een deel van de algen en de voedingsstoffen bij de uitlaat De Veste uit. Daarnaast zorgt het minimaliseren van de inlaat voor langere verblijftijden in De Veste, waardoor de nutriënten in de interne waterbronnen meer tijd hebben om 'schade' aan te richten (omdat de kritische grenzen lager worden).
- Het **defosfateren van het inlaatwater** pakt gunstig uit voor het door inlaatwater beïnvloede deel van De Veste, maar biedt geen oplossing voor de waterkwaliteitsproblemen in de luwe tak (omdat het inlaatwater daar niet komt). Dit gedefosfateerde inlaatwater zorgt o.a. van verdunning van het voedselrijke kwelwater. Defosfateren van het inlaatwater is technisch lastig (omdat het inlaatwater uit de rivier al relatief schoon is) maar wel mogelijk in De Veste. Defosfatering vraagt om een installatie met daarbij dosering van chemicaliën.



Figuur 3-4 Voorbeeld van een defosfateringsinstallatie in ontwikkeling bij Waternet (<https://www.waternet.nl/innovatie/schoon-water-defosfatering-oppervlaktewater>).

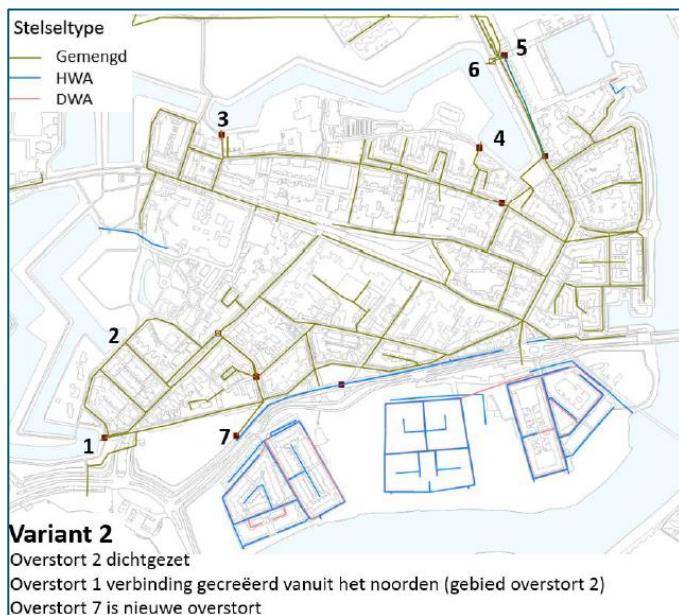
- Het **maximaal doorspoelen** met inlaatwater heeft een beperkt positief effect op De Veste, vooral voor het door inlaatwater beïnvloede deel van De Veste. Dit komt doordat het inlaatwater schoner is dan het gebiedseigen kwelwater. Doorspoelen biedt echter geen soelaas voor de waterkwaliteitsproblemen in het luwe deel van De Veste omdat het inlaatwater daar nauwelijks komt. Daarnaast is de capaciteit van het watersysteem benedenstrooms van De Veste (gebied van gemaal Middelschans) niet berekend op een toename van de hoeveelheid water bij een scenario 'maximaal doorspoelen'.
- Het scenario '**extra duiker**', waarin het luwe deel van De Veste via een duiker is verbonden met de noordelijke tak, pakt positief uit voor de waterkwaliteit van de luwe tak. De kans op algen neemt af in deze luwe tak, ten koste van de waterkwaliteit in het overige deel van De Veste. Door dit overige deel stroomt nu minder inlaatwater dan voorheen, waardoor het verdunnend effect van het inlaatwater afneemt met een hogere kans op algen tot gevolg.



Figuur 3-5 Locatie van de duiker (rood) en het nieuwe open water (blauw).

- Het **verplaatsen van overstort Poternestraat'** heeft een groot effect op de waterkwaliteit van de inham van De Veste waar deze overstort in de huidige situatie op loost. Door de verplaatsing is er een veel kleinere kans op algen in deze inham. De verplaatsing gaat ten koste van het deel waarnaar de overstort is verplaatst (het zuidelijke deel van de luwe tak). Hier is de kans op algen groter. Op de overige delen van De Veste heeft dit scenario nauwelijks tot geen effect.

- Het **minimaliseren van de overstorten** door aanpassingen in het rioolstelsel pakt gunstig uit voor vrijwel de gehele Veste, al is het volgens het model niet voldoende om van de algenproblematiek in het zuid-oostelijke deel te verhelpen (overstort Emmaweg blijft actief).



Figuur 3-6: Aanpassing van het rioolstelsel door creëren van nieuwe overstort waardoor een deel van het overstortwater wordt afgevoerd buiten het projectgebied.

- Het **zuiveren van het HWA en gemengde overstorten** pakt net als het vorige scenario gunstig uit voor vrijwel de gehele Veste, met het verschil dat de inham in de luwe tak vrij algenrijk blijft. De overstort daar (Poternestraat) is namelijk nog steeds actief in dit scenario, zij het op een lager pitje.
- Het **combineren van maatregelen** (inlaat defosfateren + huidig regime doorspoelen + overstort minimaliseren (door verplaatsen deel overstortvolume buiten het projectgebied) + extra duiker plaatsen + zuiveren HWA/overstorten) heeft van alle scenario's het gunstigste effect. In alle delen van De Veste neemt de kans op algen significant af. Vooral op de zuid-oost tak (waar de meeste overlast wordt ervaren) heeft dit scenario veel effect.

3.2 Waterbodem

De nalevering van fosfor vanuit de waterbodem is in het grootste deel van De Veste aanzienlijk. Zelfs onder zuurstofrijke omstandigheden treedt nalevering op naar de waterlaag. Er zijn diverse mogelijkheden voor het terugdringen van de nalevering vanuit de waterbodem.

- Baggeren;
- Lock met lanthaangemodificeerde klei als fosforbinder (PhosLock®), eventueel in combinatie met bezanden;
- Toepassing van ijzerzand of ijzerkalkslib (restproduct uit de drinkwaterbereiding);
- Beluchten van de waterbodem.

Het advies is om, voordat tot uitvoering in de gehele Veste wordt overgegaan, eerst de maatregelen voor het beperken van de nalevering uit de waterbodem in een pilot te testen.

Baggeren

Het volledig verwijderen van de sliblaag in De Veste door te baggeren is een mogelijkheid om deze nalevering te voorkomen. De gewenste diepte is variabel door het heterogene karakter van de bodem. Op de meeste plekken gaat het om het verwijderen van een baggerlaag van 10-20 cm. Op sommige locaties zal dieper moeten worden gebaggerd (vooral in de geulen) en deze diepte kan oplopen tot meer dan 1 meter. Het totale volume slib dat verwijderd dient te worden is geschat op 33.600 m³. De bodem onder de sliblaag is schoon genoeg voor de gewenste heldere ecologische doelstelling. De werkingsduur van het baggeren is afhankelijk van de (externe) belasting van het watersysteem. Het baggeren is het meest succesvol als de externe belasting naar nul wordt teruggebracht, indien dit niet gebeurt zal afhankelijk van de mate van externe belasting vaker moeten worden gebaggerd.

Lock

Vlokken (Flock) en vastleggen (Lock) kan als direct en lang werkende interne maatregel onderdeel vormen van een herstelprogramma voor een blauwalg gevoelig oppervlaktewater. Vlokken en vastleggen is de combinatie van een kortetermijnmaatregel (uitvlokken van zwevend stof en fosfaat uit de waterkolom) samen met een lange termijn maatregel (fosfaat vastleggen dat uit de waterbodem diffundeert). Vlokken zorgt voor snelle P-verwijdering uit het water en is daarmee een symptoommaatregel gericht om kortdurend de helderheid van de waterkolom te bevorderen. Uit onderzoek is gebleken dat dit niet voldoende effect heeft in ondiepe watersystemen zoals De Veste [pers. Med. G. Waajen, ws Brabantse Delta]. Het vastleggen 'lock' is net als baggeren erop gericht om de interne nalevering te reduceren. Dit is wel een beproefde methode in ondiep water.

De werkingsduur van zowel vlokken als vastleggen is afhankelijk van de (externe) belasting van het watersysteem. De gecombineerde maatregel "Flock & Lock" is het meest succesvol als de externe belasting naar nul wordt teruggebracht, indien dit niet gebeurt zal afhankelijk van de mate van externe belasting de methode vaker moeten worden toegepast (idem voor baggeren). Er zijn aanwijzingen dat het 'flocken' niet goed werkt in ondiepe stadswateren omdat de gesedimenteerde fosforvlokken bv door windwerking weer snel in suspensie kunnen komen.

Met de inzet van Phoslock methode is op diverse plekken in het beheergebied van waterschap Brabantse Delta al ervaring opgedaan (o.a. in Tilburg Blaak in 2018).

IJzerzand

Als alternatief voor de Lock methode met Phoslock is het mogelijk om ijzerhoudend zand te gebruiken voor reductie van de nalevering onderzocht. IJzerzand is een schoon restproduct afkomstig uit de zuivering van grondwater voor de productie van drinkwater. IJzerzand is zeer goed in staat om fosfaat te binden. Voordeel van ijzerzand is, dat het naast Fe(OH)₃ ook kalk (CaCO₃) bevat, waarmee bij toepassing pH-daling kan worden tegengegaan.

IJzerkalkslib

IJzerkalkslib is een restmateriaal dat vrijkomt bij de productie van drinkwater. Het lijkt sterk op het ijzerhoudend zand. Bij laboratoriumproeven zijn veelbelovende resultaten gevonden voor de binding van fosfor uit sediment. Risico's zijn echter het vrijkomen van zware metalen. Voordat het middel grootschalig toegepast kan worden is het nodig om meer onderzoek uit te voeren, bijvoorbeeld door het opschalen van de laboratoriumexperimenten naar een veldproef. De voorgestelde pilot in De Veste biedt daar een goede gelegenheid voor.

Beluchting

Uit het onderzoek blijkt dat in het noordelijk deel van De Veste nalevering vanuit de waterbodem alleen plaatsvindt onder anaërobe omstandigheden. Het beluchten van De Veste in het noordelijk deel kan

mogelijk worden ingezet om verdere nalevering van fosfor vanuit de waterbodem te voorkomen. In de Stadsgracht van Groenlo is daar ervaring mee opgedaan.

In het zuidelijke deel van De Veste vindt nalevering van fosfor vanuit de waterbodem ook onder aërobe omstandigheden plaats. Beluchten als maatregel heeft daar dan ook geen effect.

3.3 Moeraszone

De benodigde omvang van het moeras is 10% van het wateroppervlak. De aanleg van een moeraszone in De Veste is mogelijk, mits wordt voldaan aan de eisen van de monumentencommissie (aanleg op oevers tegenover de vestingwerken). Dat komt neer op een moeraszone met een breedte van 5.8 meter uit de oever, waar met een flauw talud (1:3 tot 1:6) een gelijkmatige overgang van oever via plas-dras naar een waterplanten zone wordt gecreëerd. De aanleg van een moeraszone zorgt ervoor dat het systeem minder kritisch wordt voor de nutriëntenbelasting. De kritische grenzen (uit Figuur 1-7 en Figuur 2-3) worden door de aanleg van een moeraszone hoger.

De moeraszone kan worden aangelegd in combinatie met het baggeren. Door de bagger op te slaan in geotubes en deze te verwerken in de oevers hoeft er 1) minder bagger te worden afgevoerd en 2) minder materiaal te worden aangevoerd voor het maken van het benodigde talud voor de moeraszone.

3.4 Visstand

Het totale visbestand is geraamd op 772,8 kg/ha hetgeen een fors bestand is. Op basis van biomassa wordt het visbestand aangevoerd door brasem en karper. Op basis van de geraamde bestanden is het de verwachting dat met name het benthivore bestand een grote invloed heeft op de waterkwaliteit doordat deze soorten de bodem omwoelen op zoek naar eten en daardoor het water troebel maken. Hierdoor kunnen extra voedingsstoffen vrijkomen vanuit de bodem wat de groei van algen kan stimuleren en door de verminderde lichtinval kan ook de groei van ondergedoken waterplanten belemmerd worden.

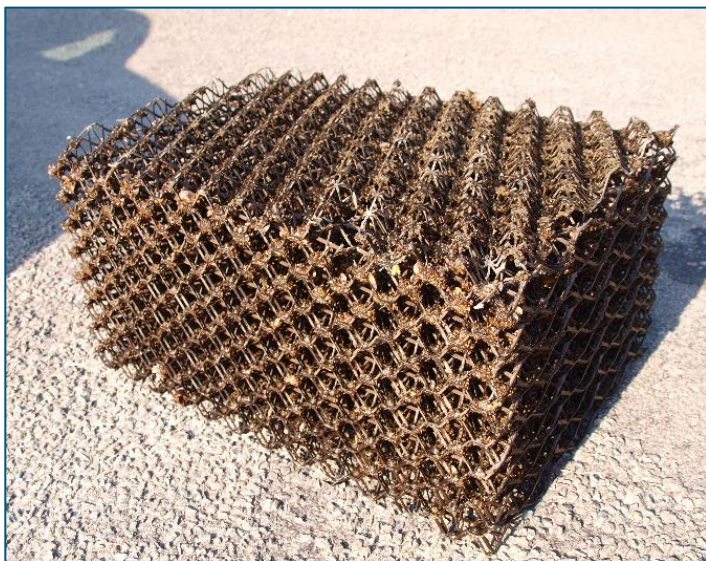
Een verandering van de gebruiksfunctie van sportvisserij op karper en brasem en een aanpassing van de visstand is noodzakelijk voor het bereiken van de doelstellingen voor De Veste. Als dat niet het geval is wordt het lastig om de gewenste doelstelling (helder, plantenrijk water) op een duurzame manier en voor lange termijn te bereiken. Sportvisserij als functie is overigens niet uitgesloten, maar deze moet dan wel overgaan op andere soorten (bijvoorbeeld snoeken).

3.5 Kleine aanvullende maatregelen

Naast de bovenstaande maatregelen zijn er nog een aantal kleine maatregelen (no regret) die kunnen helpen om de nutriëntenbelasting terug te dringen en de kritische grenzen te vergroten.

Mosselkratten

Door het aanbrengen van substraat ontstaat meer areaal voor zoetwatermosselen om te groeien in De Veste.



Figuur 3-7: Kunststof kratten die substraat bieden voor zoetwatermosselen (foto: waterschap Brabantse Delta).

Taluds

Door alle taluds onderlangs te voorzien van stukje vlakke strook (met wandelpad) of ruige vegetatie wordt een deel van het afspoelend materiaal (mest) afgevangen, waardoor de belasting met voedingsstoffen van het water iets zal afnemen. Dat kan tot 50% bedragen (Waajen 2017). Uit het veldexperiment volgen wel indicaties dat deze afname ook in De Veste mogelijk is, maar is het niet mogelijk om het vanwege de beperkt aantal replica's met zekerheid aan te tonen.



Figuur 3-8: Vlak gedeelte onderaan het talud zorgt voor invangen van afspoelend materiaal.

Poep zuigen

De gemeente gaat regelmatig met een poepzuiger de hondenuitlaatveldjes af voor het opzuigen van de poep. Door deze poepzuiger ook in te zetten in combinatie met de begrazing wordt een deel van het afspoelend materiaal (mest) net zoals bij de hondenuitlaatveldjes afgevangen, waardoor de belasting met voedingsstoffen van het water iets zal afnemen.

3.6 Kosten van de maatregelen

De kosten voor de maatregelen zijn geraamd in de deelrapportages en bij elkaar gezet in onderstaande tabel.

Tabel 3-1 Kostenraming voor de maatregelen in De Veste (globale raming, bedragen prijspeil 2019, exclusief BTW)

Maatregel		Globaal geraamde kosten (ex BTW)	Verantwoording
Baggeren zonder moeraszone		€ 2 miljoen	Deelrapport 2
Phoslock	Zonder bezanden	€ 0.25 miljoen	Deelrapport 2
	Met bezanden	€ 1 miljoen	Deelrapport 2
Moeraszone	10% van wateroppervlak, helling 1:3 in combinatie met baggeren en geotubes	€ 2.4 miljoen	Deelrapport 3
	10% van wateroppervlak, helling 1:6 in combinatie met baggeren zonder geotubes	€ 3.5 miljoen	Deelrapport 3
	10% van wateroppervlak, helling 1:3 zonder baggeren	€ 0.9 miljoen	Deelrapport 3
Zuivering inlaatwater		€ 0.46 miljoen	Deelrapport 1
Aanleg duiker onder Stadsweg met open water onder grasveld		€ 0.39 miljoen	Deelrapport 1
Aanpassen rioolstelsel	Maken nieuwe overstort Stationsweg	€ 0.45 miljoen	Deelrapport 1
	Verlengen buis overstort Commandeurstraat*	-	-

* Deze optie is in een heel laat stadium in het project geopperd en is niet onderzocht met het ecosysteemmodel, nog op kosten gezet. Wat de werkzaamheden betreft gaat het om het verlengen van de overstortbuis, het voorzien van deze buis van een funcering met zand en het afdekken met grond ter voorkoming van opdruiving en het aanleggen van een nieuwe uitstroom met afsluiter. Een grove schatting is dat deze werkzaamheden tussen de € 0.1 en 0.5 miljoen zullen kosten.

4 Een gedragen maatregelenpakket

4.1 Maatregelpakketten

De gemeente Geertruidenberg en het waterschap Brabantse Delta hebben de gedeelde ambitie om de problemen met de waterkwaliteit in de Veste op te lossen.

Op basis van de uitgevoerde onderzoeken is vastgesteld dat het oplossen van de problemen in De Veste kan gekozen worden voor 2 opties:

- Optie 1: lokale overlast oplossen door symptoombestrijding;
- Optie 2: creëren van een gezond helder systeem voor de hele Veste waarmee ook de lokale problemen worden aangepakt (combinatie van bronaanpak met systeemmaatregelen).

Tijdens een werksessie zijn door de gemeente en waterschap de volgende maatregelpakketten gedefinieerd. Pakketten 1A, 1B en 1C zijn bedoeld voor symptoombestrijding. Pakketten 2A, 2B en 2C zorgen voor duurzaam systeemherstel.

Maatregelenpakket Optie 1A

- Doorspoelen van inlaatwater in doodlopende tak met bestaande pomp;
- Handhaven bestaande inlaat vanuit De Donge (wel vervroegen, starten medio maart).
- Verlengen van de overstortbuis Commandeurstraat naar deel buiten inham;
- Communicatie;

Maatregelenpakket Optie 1B

- Aanleg duiker en open water bij Stadsweg voor maken verbinding doodlopende tak
- Aanpassen van het rioolstelsel door maken nieuwe overstort en afvoeren van dit overstortwater naar de afvoersloot van De Veste;
- Rioolgemaal capaciteit en regeling optimaliseren;
- Handhaven bestaande inlaat vanuit De Donge (wel vervroegen, starten medio maart).
- Communicatie;

Maatregelenpakket Optie 1C

- Aanpassen van het rioolstelsel door maken nieuwe overstort en afvoeren van dit overstortwater naar de afvoersloot van De Veste;
- Doorspoelen van inlaatwater in doodlopende tak met bestaande pomp;
- Rioolgemaal capaciteit en regeling optimaliseren;
- Handhaven bestaande inlaat vanuit De Donge (wel vervroegen, starten medio maart).
- Communicatie;

Maatregelenpakket optie 2A

- Baggeren;
- Aanleg moeraszone met daarin hergebruik deel bagger in geotubes;
- Zuiveringsvoorziening inlaatwater*;
- Aanleg duiker en open water bij Stadsweg voor maken verbinding doodlopende tak;
- Aanpassen van het rioolstelsel door maken nieuwe overstort en afvoeren van dit overstortwater naar de afvoersloot van De Veste;
- Rioolgemaal capaciteit en regeling optimaliseren;
- Handhaven bestaande inlaat vanuit De Donge (wel vervroegen, starten medio maart);
- Aanpassen visstand;
- Mosselkratten;

- Communicatie;

Maatregelenpakket optie 2B

- Lock door inzet met Phoslock®;
- Aanleg moeraszone;
- Zuiveringsvoorziening inlaatwater*;
- Aanleg duiker en open water bij Stadsweg voor maken verbinding doodlopende tak;
- Aanpassen van het rioolstelsel door maken nieuwe overstort en afvoeren van dit overstortwater naar de afvoersloot van De Veste;
- Rioolgemaal capaciteit en regeling optimaliseren;
- Handhaven bestaande inlaat vanuit De Donge (wel vervroegen, starten medio maart);
- Aanpassen visstand;
- Mosselkratten;
- Communicatie;

Maatregelenpakket optie 2C

- Lock door inzet met Phoslock®;
- Aanleg moeraszone;
- Zuiveringsvoorziening inlaatwater*;
- Doorspoelen van inlaatwater in doodlopende tak met bestaande pomp;
- Aanpassen van het rioolstelsel door maken nieuwe overstort en afvoeren van dit overstortwater naar de afvoersloot van De Veste;
- Rioolgemaal capaciteit en regeling optimaliseren;
- Handhaven bestaande inlaat vanuit De Donge (wel vervroegen, starten medio maart);
- Aanpassen visstand;
- Mosselkratten;
- Communicatie;

4.2 Pilot

Voor het tegengaan van de nalevering uit de waterbodem zijn er een aantal mogelijkheden. Het is bekend dat deze maatregelen op andere plekken en in het lab werken. Het advies is om deze maatregelen eerst op kleine schaal in situ uit te testen in De Veste voordat wordt overgaan op uitvoering in het hele watersysteem.

Het pilot onderzoek wordt uitgevoerd met behulp van ronde kunststof cilinders met een diameter van 1 meter die in water worden geplaatst met een diepte van circa 1,5 meter. Door het gebruik van deze enclosures kunnen de vissen de waterbodem binnen de cilinder niet verstoren en kunnen de verschillende behandelingen goed met elkaar worden vergeleken.

De output van de pilot moet bevestigen dat goedkopere alternatieven voor baggeren (Phoslock of ijzerkalkslib) in de praktijk goed werken voor de Veste. De pilot kan daarbij helpen om de definitieve keuze te maken voor het maatregelenpakket. De kosten voor dit pilotonderzoek zijn geraamd op ca € 70.000,-

Deze pilot kan worden uitgebreid met een onderzoek aan grondwaterstanden om meer grip te krijgen op de kwel (zie deelrapport 1), maar dat onderzoek heeft een minimale looptijd van 2 jaar. Eventueel kunnen de meetgoten in de taluds (nog aanwezig) ook in 2019 worden bemonsterd.

5 Literatuur

- Cusell, C., A. Hermans, S. Schep, en G. Van Geest. 2018. "Ecosysteemtoestanden voor stilstaande wateren". 2018–23. Amersfoort: STOWA.
- De Senerpont Domis, L.N., en S. Teurlincx. 2018. "Bepaling van de chemische nalevering van nutriënten in de Berkel- en Reggevijver". AQUATISCH KENNISCENTRUM WAGENINGEN (AKWA).
- Janssen, Y. 2018. "Visstandonderzoek de Veste Geertruidenberg 2017". 20170936.
- Poelen, M., en A.P. Smolders. 2018. "Biogeochemisch onderzoek naar de waterbodem in De Veste te Geertruidenberg". RP-17.181.18.8. Nijmegen: B-ware.
- Van Bruggen, N. 2015. "Watersysteemanalyse De Veste. Rapport 'Projectgroep de Veste'." Geertruidenberg.
- Von Meijenfeldt, N., L. Moria, M. Ouboter, S. Schep, B. Van der Wal, en T. Van der Wijngaart. 2014. "Ecologische Sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen." 2014–19. Ecologische Sleutelfactoren. STOWA.
- Waajen, G. 2017. "Eco-engineering for clarity. Clearing blue-green ponds and lakes in an urbanized area". Dissertatie/thesis. Wageningen Universiteit.