



Uitwerking ecologische sleutelfactor organische belasting

Achtergronddocument: casus Beuningen

STOWA

24 april 2018

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR ORGANISCHE BELASTING	5
2	SYSTEEMBESCHRIJVING	6
2.1	Gebiedsbeschrijving watersysteem	6
2.2	Productiviteit water	7
2.3	Lichtklimaat	8
2.4	Productiviteit bodem	8
2.5	Synthese	9
3	QUICK SCAN	10
4	GLOBALE ANALYSE	12
4.1	Inleiding	12
4.2	Uitgangspunten	13
4.3	Resultaten Oxy-val	14
4.4	Synthese en discussie	17
5	NADERE ANALYSE	20
5.1	Inleiding	20
5.2	SOBEK-DELWAQ	20
5.3	PCDitch	23
6	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	27
6.1	Conclusie	27
6.2	Aanbevelingen	28
	Laatste pagina	29
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
	-	-

DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR ORGANISCHE BELASTING

Dit achtergrondrapport maakt onderdeel uit van het project 'Uitwerking ecologische sleutelfactor organische belasting', waarin een methodiek is ontwikkeld om de invloed van organische belasting op de waterkwaliteit in 'stilstaande wateren' te bepalen. Een methodiek die toepasbaar is voor sloten, kanalen en ondiepe meren en plassen. De ecologische sleutelfactor (ESF) organische belasting maakt deel uit van het ESF-raamwerk, bestaande uit acht ecologische sleutelfactoren. Het ESF-raamwerk is bedoeld om invulling te geven aan watersysteemanalyses, waarbij de diagnose van het hydrologisch en ecologisch functioneren centraal staat.

Voor de uitwerking van de ESF organische belasting is een methodiek ontwikkeld waarbij de toestand en systeemvoorwaarden van een watersysteem van grof naar fijn in beeld worden gebracht: van een quick scan via een globale analyse naar een gedetailleerde analyse, waarbij tussentijds steeds de vraag wordt gesteld of de volgende stap noodzakelijk is. Om de methodiek te toetsen is deze toegepast op een praktijkcasus: het watersysteem van Beuningen. Deze casus is ingebracht in een enquête die in 2017 aan het begin van het project onder potentiële gebruikers van de methodiek is uitgezet.¹

In deze notitie worden de resultaten van de analyses gepresenteerd. In dit hoofdstuk gaan we eerst kort in op de quick scan. Vervolgens wordt in hoofdstuk 2 het watersysteem van Beuningen beschreven aan de hand van de sleutelfactoren productiviteit water, lichtklimaat en productiviteit bodem. In hoofdstuk 3 en 4 worden achtereenvolgens de globale analyse en de nadere analyse voor organische belasting uitgewerkt.

¹ Zie de bij het project behorende achtergrondnotitie "enquêteresultaten".

2

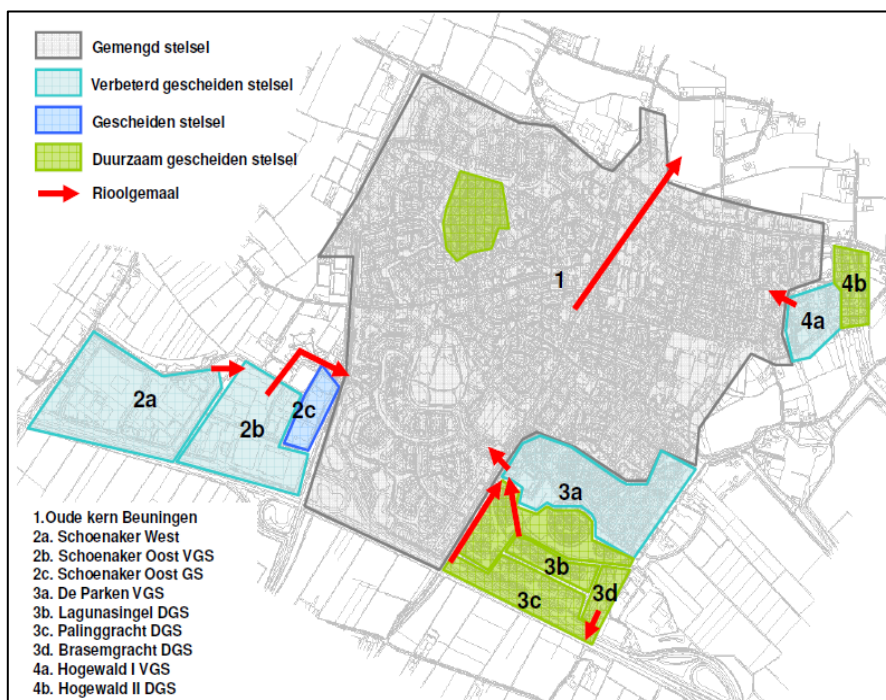
SYSTEEMBESCHRIJVING

2.1 Gebiedsbeschrijving watersysteem

In de stedelijke kern van Beuningen is de waterkwaliteit niet zoals gewenst. Met name de grote hoeveelheid kroos wordt als ongewenst ervaren. Daarnaast worden er regelmatig lage zuurstofconcentraties gemeten. De stedelijke kern van Beuningen is als pilotproject uitgekozen voor een meetproject van Waterschap Rivierenland. Daardoor zijn hier relatief veel meetgegevens en veldopnames beschikbaar.

Rondom de stedelijke kern is vooral agrarisch gebied aanwezig. Beuningen ligt in bemalingsgebied Bloemers. De interactie van het watersysteem van de stedelijke kern met de omgeving is echter beperkt. Het stedelijke water bestaat uit grote waterpartijen die vooral door kwel en neerslag worden gevoed. Het grootste deel van de kern ligt in één peilgebied met een vast peil van 6,6m+NAP (zie afbeelding 2.1).

Afbeelding 2.1 Overzicht bemalingsgebieden riolering Beuningen. Het grijze gebied (1) vormt één peilvak met een vast peil van 6,6m+NAP. De wijk Hogewald (3a t/m 3d) ligt in een andere peilvak



Op het noordelijke deel van het watersysteem wordt (beperkt) water ingelaten vanuit het gebied ten noorden van Beuningen. Het zuidelijke deel ontvangt water uit het gebied ten oosten van Beuningen. Daarnaast zijn er een aantal stuwen waarover wel eens incidenteel water de stedelijke kern in stroomt.

In de oude stedelijke kern is vooral gemengde riolering aanwezig. Het bedrijventerrein is deels voorzien een gescheiden en deels van een 'verbeterd gescheiden stelsel' (gebieden 2a t/m 2c in afbeelding 2.1). Het overtollige water uit dit bedrijventerrein wordt buiten de stedelijke kern geloosd.

De nieuwbouwwijk Beuningse Plas (3a t/m 3d in afbeelding 2.1) heeft deels een verbeterd gescheiden stelsel en deels wordt regenwater rechtstreeks naar het oppervlaktewater afgevoerd. Het watersysteem van Beuningse Plas staat los van het watersysteem van de rest van de stedelijke kern.

In het gemengde stelsel (gebied 1 in afbeelding 2.1) zijn in totaal 21 rioolwateroverstorten aanwezig, waarvan er vijf zijn voorzien van een randvoorziening. Een klein deel van de oude kern is inmiddels voorzien van een gescheiden stelsel. Het deelgebied Hogewald (4a en 4b) heeft een verbeterd gescheiden rioolstelsel.

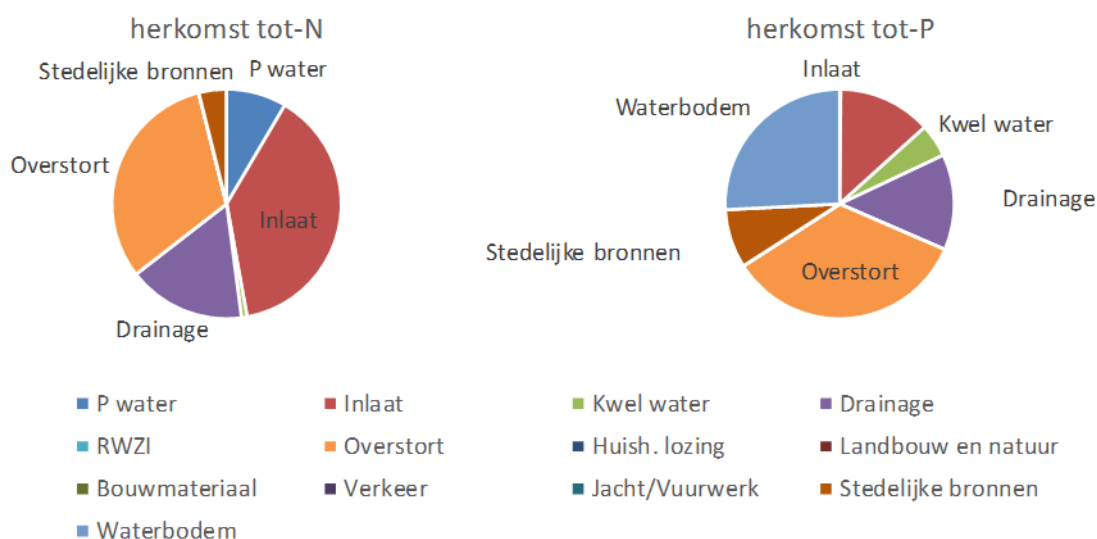
2.2 Productiviteit water

Waterschap Rivierenland heeft een water- en stoffenbalans opgesteld voor het gebied. Daaruit blijkt dat de gemiddelde belasting op oppervlaktewater circa 36,8 mg N/m²/dag en 7,5 mg P/m²/dag. Met het metamodel van PC Ditch is de kritische belasting uitgerekend voor dit gebied: 3,2 mg P/m²/dag.¹

Het is opvallend dat de stikstofbelasting in het gebied vrij laag is, terwijl de toestand in het veld een hoog productief systeem laat zien. Op basis van de stikstofbelasting zou stikstoflimitatie worden verwacht. Het waterschap heeft ook de nutriëntenlimitatie op basis van de gemeten concentraties berekend, maar daaruit blijkt niet dat er stikstoflimitatie plaatsvindt. Mogelijk zijn er nog bronnen onderschat. Zo is bijvoorbeeld de nalevering van N uit de waterbodem niet meegenomen, terwijl de waterbodem voor P een belangrijke bron is in de berekeningen.

De fosforbelasting ligt boven de kritische belasting. Dat blijkt ook uit de huidige toestand, namelijk dat er veel kroosdekken in de stedelijke kern voorkomen. Afbeelding 2.2 geeft de herkomst van stikstof en fosfor weer op basis van de balansen die door het waterschap zijn opgesteld.

Afbeelding 2.2 Herkomstverdeling totaal-N en totaal-P in het water in de stedelijke kern van Beuningen



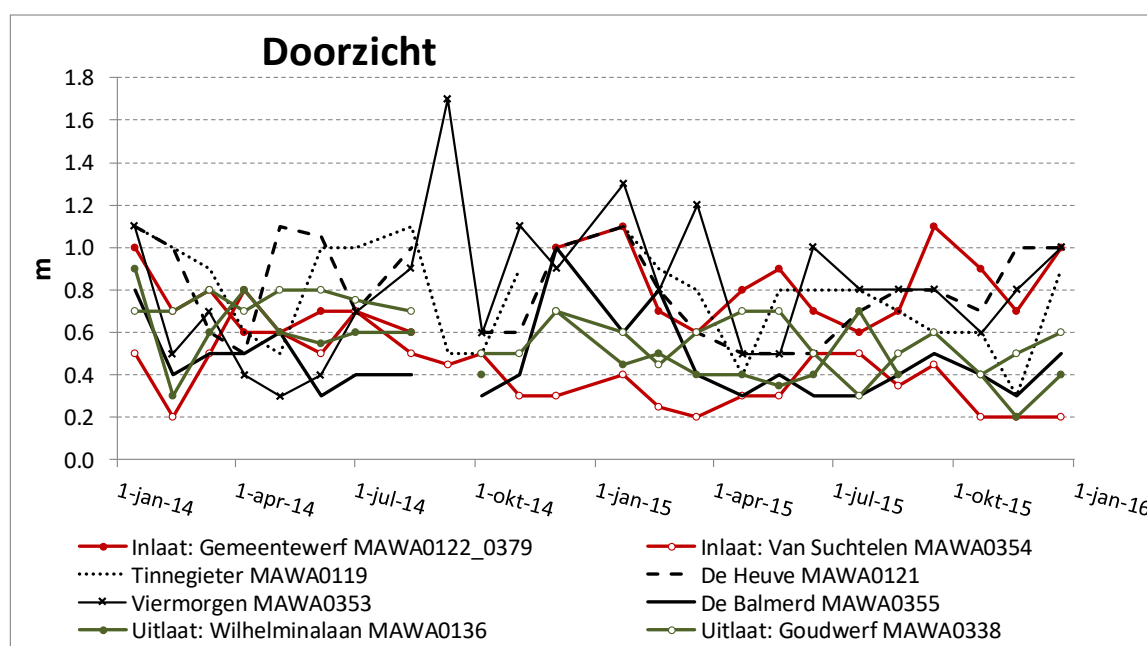
¹ Op basis van een gemiddelde waterdiepte van 0,9 m, een debiet van 2,26 mm/dag en een kleibodem.

Hieruit blijkt dat inlaatwater, rioolwateroverstorten, drainage en de waterbodem de belangrijkste bronnen zijn in het gebied. De typische stedelijke bronnen zoals bladval, hondenpoep, het voeren van eenden en het gebruik van lokvoer door vissers lijken maar een kleine impact te hebben. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat deze berekeningen sterk onzeker zijn (zo is het inventariseren van bijvoorbeeld het voeren van eenden altijd een momentopname) en is een aantal bronnen te laag ingeschat.¹

2.3 Lichtklimaat

Uit de in afbeelding 2.3 weergegeven metingen van het waterschap blijkt dat het doorzicht in het gebied sterk varieert. Het water dat bij de inlaat Van Suchtelen wordt ingelaten is vrij troebel, maar het water bij de andere inlaat (gemeentewerf) is helderder. Door het gebied heen varieert het doorzicht van troebel tot vrij helder.

Afbeelding 2.3 Metingen doorzicht in Beuningen



In het gebied is het gehalte chlorofyl-a gemeten. Het gehalte zwevend stof is niet gemeten. Wel zijn er een groot aantal foto's beschikbaar van veldbezoeken die gedurende het jaar zijn uitgevoerd. Op basis hiervan lijkt het doorzicht vaak verslechterd te worden door zowel hoger concentraties algen als zwevend stof.

2.4 Productiviteit bodem

In afbeelding 2.2 is te zien dat de nalevering van de waterbodem voor fosfor een belangrijke bron is (circa 25 % van de totale belasting). Daarbij moet worden opgemerkt dat:

- met de beschikbare tools (baggernut) alleen nalevering van fosfor is berekend en niet de nalevering van stikstof. Bij afbraak van organisch materiaal in de bodem komt vaak naast fosfor ook stikstof vrij;
- de nalevering vanuit de waterbodem is bepaald op basis van een beperkt aantal monsters.

¹ Voor bijvoorbeeld bladval is er van uitgegaan dat de jaarlijkse hoeveelheid blad wordt afgebroken over 1000 dagen (ca. 3 jaar). Hoewel de afbraaksnelheid vermoedelijk correct is, moet ook de hoeveelheid blad die in opeenvolgende jaren valt worden meegeteld. Daarmee wordt de nutriëntenvrucht vanuit blad nu met ca. een factor 3 onderschat.

Ten behoeve van de opbouw van een SOBEK-model van de stedelijke kern zijn ook profielen van de watergangen opgenomen. In de watergangen is een vrij dikke sliblaag aanwezig.

2.5 Synthese

Het stedelijke watersysteem van Beuningen is een hoog productief watersysteem, waar veel kroosdekken voorkomen. Met name de fosforbelasting is hoog. De belangrijkste bronnen zijn: overstortwater, nalevering vanuit de waterbodem en drainage-/inlaatwater.

Het doorzicht varieert sterk door het gebied, maar is in veel watergangen niet op orde. Dat komt deels door hoge concentraties algen en vermoedelijk deels ook door hoge gehalte zwevend stof.

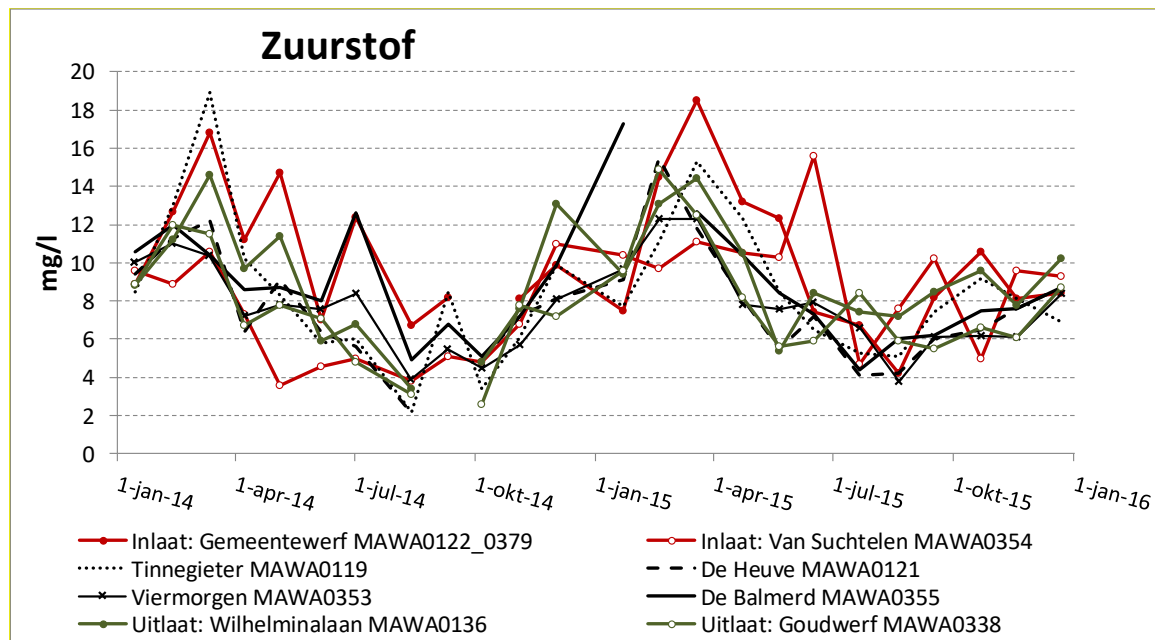
3

QUICK SCAN

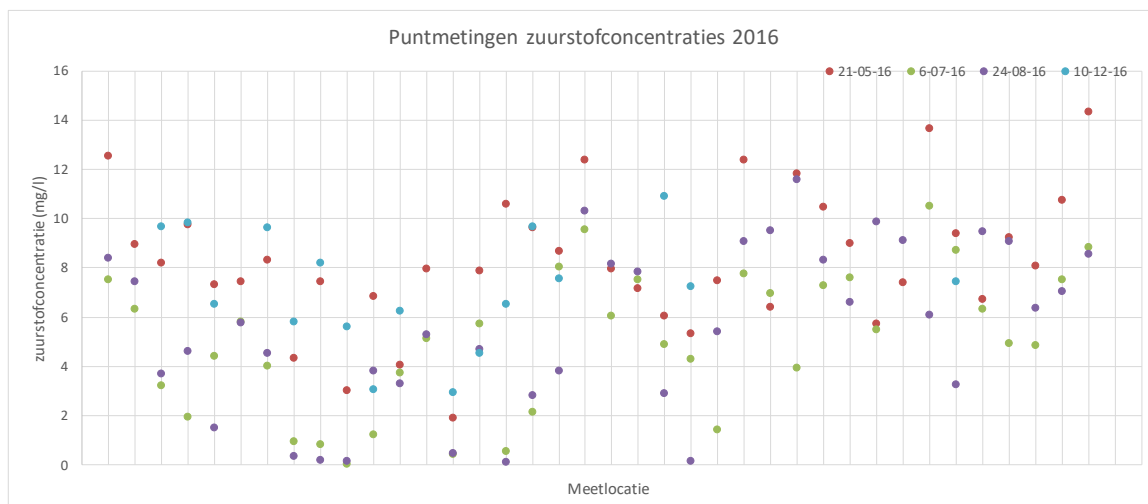
In de quick scan wordt op basis van bestaande informatie, dus middels een bureaustudie, een eerste inschatting gemaakt van de invloed van organische belasting op het watersysteem. Het doel is om locaties te onderscheiden waar organische belasting mogelijk een knelpunt is voor de gewenste waterkwaliteit. Dit kan worden gedaan op basis van fysisch-chemische en biologische metingen (toestand) en/of op basis van de aanwezigheid van potentiële bronnen van organische belasting (voorwaarden). Voor de casus Beuningen was op basis van klachten en veldwaarnemingen al bekend dat de zuurstofhuishouding in het oppervlaktewater niet op orde is. Ook zijn er (grote) bronnen van organische belasting aanwezig, waaronder riooloverstorten.

Afbeelding 3.1 en 3.2 geven de zuurstofgehalten weer van het oppervlaktewater in Beuningen. De metingen zijn verricht in het kader van een meetproject dat door Waterschap Rivierenland in het stedelijke water van Beuningen is uitgevoerd. De zuurstofconcentraties in het oppervlaktewater zakken regelmatig laag uit, met name in de zomerperiode. Vooral in het fijnere meetnet, waar op 38 meetlocaties laagfrequent de zuurstofconcentraties zijn bepaald, is dit goed zichtbaar (zie afbeelding 3.2). Het grotere meetnet waar frequenter wordt gemeten laat minder lage concentraties zien (zie afbeelding 3.1). Deze meetpunten liggen vooral in groter, doorstroomt oppervlaktewater; in tegenstelling tot de puntmetingen die ook in de kleinere, stagnerende wateren zijn uitgevoerd.

Afbeelding 3.1 Zuurstofmetingen (in mgO₂/l) meetnet Waterschap Rivierenland in de stedelijke kern van Beuningen



Afbeelding 3.2 Puntmetingen op 38 locaties in 2016 in de stedelijke kern van Beuningen



4

GLOBALE ANALYSE

4.1 Inleiding

De tool Oxy-val is toegepast op de casus Beuningen. In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd. Vijf locaties uit de kern Beuningen zijn geselecteerd en in Oxy-val ingevoerd (afbeelding 4.1). We gaan in dit hoofdstuk achtereenvolgens in op de gekozen uitgangspunten en de resultaten van Oxy-val, en sluiten af met een synthese/discussie over het systeemfunctioneren van Beuningen.

Afbeelding 4.1 Watertrajecten in Beuningen die met de tool Oxy-val zijn geanalyseerd



De twee locaties die in de bovenstaande afbeelding in het rood zijn weergegeven (traject 10 en traject 11) zijn twee redelijk geïsoleerde vijverpartijen. De vijvers zijn met (lange) duikers verbonden met de rest van het watersysteem, maar de doorstroming is in de praktijk laag. Rondom de vijverpartijen staan veel bomen en er worden veel honden uitgelaten op de oevers. Daarnaast zijn er wat eenden aanwezig die worden gevoerd (intensiteit laag) en in traject 11 wordt soms gevist.

Traject 3 is een watergang met meer doorstroming, waarop daarnaast hemelwater wordt afgevoerd vanuit een gescheiden stelsel. Ook rondom deze vijver staan bomen, worden honden uitgelaten op de oevers en worden eenden gevoerd. De intensiteit is wel lager dan bij de twee vijvers. Er wordt niet gevist.

Traject 13-14 betreft een watergang met doorstroming, waarop wordt overgestort vanuit de gemengde riolering (grote overstort). Achter de overstort is een bergbezinkvoorziening geplaatst. Ook bij deze vijver zijn de typische stedelijke bronnen zoals hondenuitlaat, bladval, het voeren van eenden en het gebruik van lokvoer door vissers van belang.

Traject 25 betreft een watergang met doorstroming, waarop wordt overgestort vanuit de gemengde riolering, zonder randvoorziening. Ook hier spelen de typische stedelijke bronnen (incl. vissers) een rol, maar de intensiteit is lager dan in traject 13-14.

4.2 Uitgangspunten

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de gegevens van de vijf locaties in Beuningen, die in Oxy-val zijn ingevoerd. In de tabel zijn alleen de relevante, ingevulde parameters weergegeven. Voor de waterkwaliteit van het aanvoerwater is een aanname gedaan, omdat deze lokale gegevens niet bekend zijn. De invloed van de kwaliteit van aanvoerwater op de resultaten is echter zeer beperkt, omdat de hoeveelheid aanvoerwater zeer beperkt is.

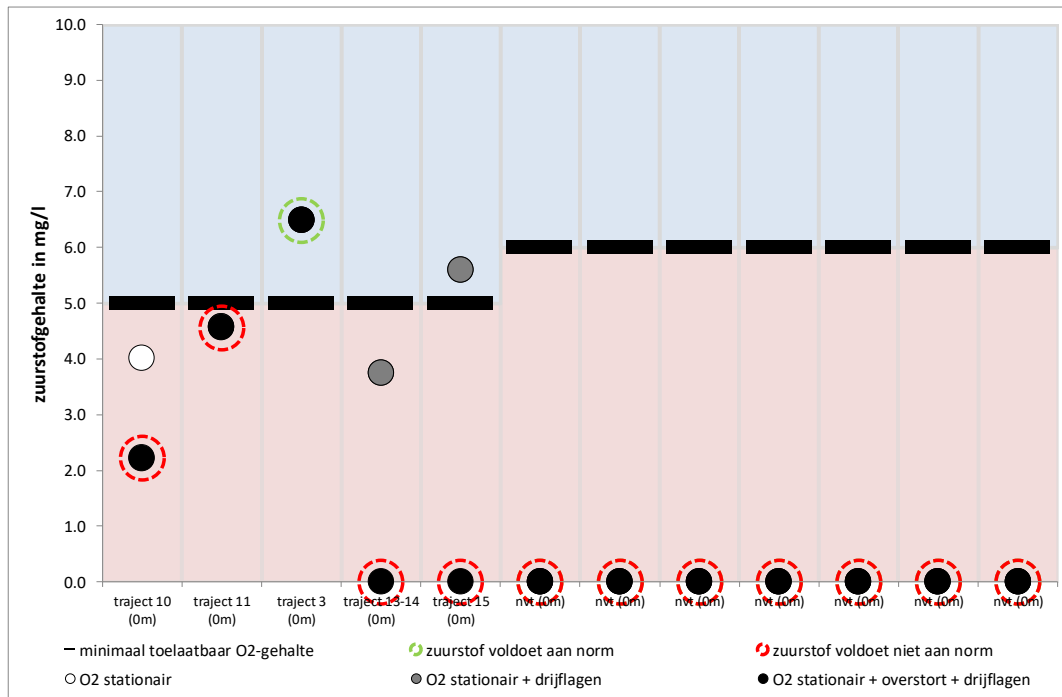
Tabel 4.1 Kenmerken watersysteem en bronnen Beuningen

Parameter/locatie	Traj. 10	Traj. 11	Traj. 3	Tr.13-14	Traj. 25	Opmerkingen
overstort (gemengd) (m ³ bij T=1, m ³ jaarvolume)	0	0	0	0	8940, 20000	T=1 uit SOBEK, jaarvolume is een aanname
overstort (gemengd, BBB) (m ³ bij T=1, m ³ jaarvolume)	0	0	0	15216, 30000	0	T=1 uit SOBEK, jaarvolume is een aanname
bladval loofbomen (m ² oever)	1864	3515	997	2144	790	uit opnames van het waterschap
hondenpoep (m oeverlengte, intensiteit)	146, hoog	527, hoog	63, hoog	1044, hoog	790, hoog	uit opnames van het waterschap
eenden (aantal, intensiteit voeren)	7, laag	21, laag	2, laag	41, laag	11, laag	uit opnames van het waterschap
lokvoer vissers (gemiddeld aantal vissers per dag)	0	1	0	3	1	uit opnames van het waterschap
waterdiepte (m)	0,9	0,9	0,9	1,1	0,8	op basis SOBEK-model
waterbreedte (m)	18,5	7,5	16	12	8	meting GIS op basis luchtfoto
wateroppervlak (m ²)	1368	4319	10591	8999	9547	meting GIS op basis luchtfoto
wateraanvoer (m3/dag)	235	78	530	333	544	op basis SOBEK-model, daggemiddelde aanvoer zomerhalfjaar
watertemperatuur (°C)	21	21	21	21	21	aanname, zomerperiode
bedekkingsgraad drijflagen	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	uit opnames van het waterschap
windinvloed [1]	2	2	2	2	2	2 staat voor beperkte windinvloed
gehalten aanvoerwater (mg O ₂ /l, mg NH ₄ -N/l, mg BZV5/l)	5/0,3/3	5/0,3/3	5/0,3/3	5/0,3/3	5/0,3/3	niet goed bekend, aanname

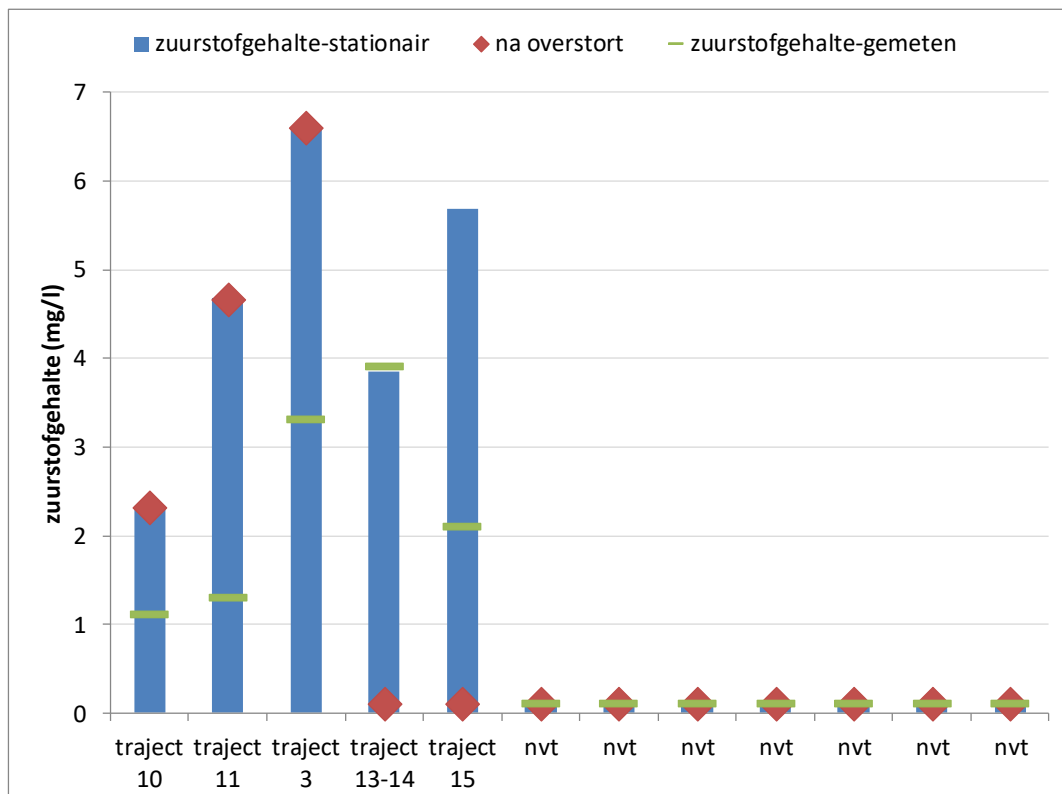
4.3 Resultaten Oxy-val

De onderstaande afbeeldingen geven de grafische output van Oxy-val. In de tekst onder de afbeeldingen worden de resultaten per traject besproken.

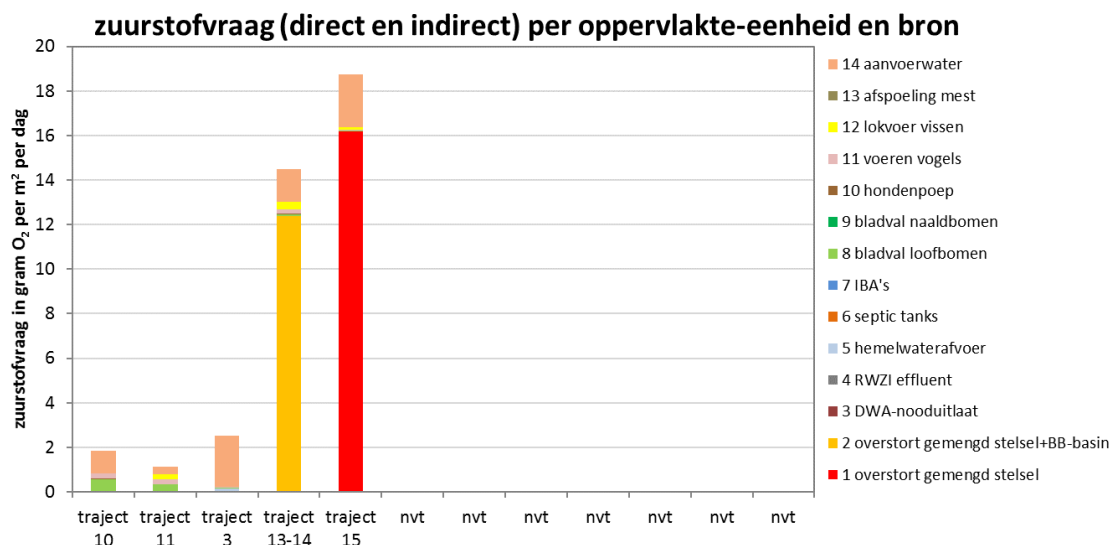
Afbeelding 4.2 Berekende zuurstofconcentraties voor de vijf locaties uit de casus Beuningen



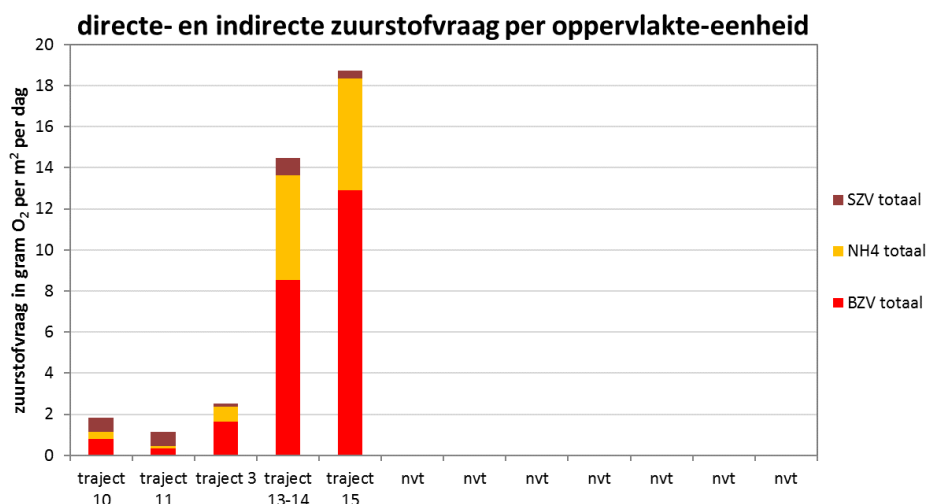
Afbeelding 4.3 Berekende zuurstofconcentraties en vergelijking met meetwaarden



Afbeelding 4.4 Bijdragen van de verschillende bronnen aan de zuurstofvraag



Afbeelding 4.5 Verdeling in zuurstofvraag naar BZV (direct), NH₄ (direct) en SZV (sedimentaire zuurstofvraag)



Traject 10

Voor traject 10 is te zien dat de berekende zuurstofconcentratie rond 2,2 mg/l ligt (zie afbeelding 3.2 en 3.3). De meetwaarden in dit traject zijn 2,98 / 0,8 / 0,14 mg O₂/l op respectievelijk 21 mei, 6 juli en 24 augustus (in het kader van veldinventarisaties zijn er puntmetingen uitgevoerd in de vijver). Het aantal metingen in de vijver is beperkt, maar op basis van de metingen ontstaat de indruk dat Oxy-val de situatie iets te positief inschat. Mogelijke verklaringen zijn:

- de gevoeligheid van het systeem is hoog door de beperkte reaeratie. Ook Oxy-val zelf wordt gevoelig in deze range van parameters: de invloed van bladval in dit traject bijvoorbeeld, heeft sterk invloed op de uitkomsten. Als bladval met ca. 50 % wordt verhoogd, komen de gemeten en berekende concentraties wel exact overeen. Bladval is echter een bron met een grote onzekerheidsmarge;
- het systeem is hoog productief (kroosdekken). De afbraak van deze biomassa wordt echter nog niet meegenomen in de berekeningen aan de zuurstofconcentraties. Als voor de kroosbiomassa wordt gecompenseerd door een 'extra bron' (grove fractie) in te voeren, komen de concentraties gemeten en berekend wel goed overeen;¹

¹ Hierbij is uitgegaan van 30 gram droge stof kroos per m² wateroppervlak in het zomerhalfjaar [ervaringsgetal]. Er zijn overigens eenvoudige modellen beschikbaar waarmee de biomassa-ontwikkeling van kroos en algen kan worden voorspeld, maar hier zouden ook de uitkomsten van een PCDitch-modellering (ESF *productiviteit water*) kunnen worden benut.

- de afbraak van materiaal is nu gelijkmatig verdeeld over het zomerhalfjaar. In de praktijk varieert deze afbraak onder andere op basis van watertemperatuur, wat verklaart waarom de zuurstofconcentraties in de zomer lager zijn dan in de lente.

De huidige toestand in dit traject is een zuurstofarme situatie, wat als onwenselijk wordt ervaren. De oorzaken liggen deels in de beperkte reaeratie in dit traject. De reaeratie wordt hier enerzijds beïnvloed door de aanwezigheid van een kroosdek (zonder kroosdek zou de zuurstofconcentratie naar verwachting circa 2 mg/l hoger liggen). Ook de beschutte ligging en beperkte stroomsnelheid dragen bij aan de beperkte reaeratie. Daarnaast is de belasting hoger dan wat het watersysteem hier aankan. De belangrijkste bronnen zijn bladval en de kroosbiomassa, die in het winterhalfjaar naar de bodem zinkt en vervolgens in het zomerhalfjaar afbreekt.

Traject 11

Voor traject 11 is in de afbeeldingen te zien dat de berekende concentratie rond 4,6 mg O₂/l ligt. Er zijn metingen uitgevoerd op 21 mei, 6 juli en 24 augustus. De meetwaarden op deze dagen zijn respectievelijk 6,8 / 1,2 / 3,8 mg O₂/l. Het aantal meetwaarden is beperkt en varieert sterk. De berekende concentratie ligt ongeveer in het midden van deze meetwaarden. Waarschijnlijk varieert de zuurstofconcentratie vooral sterk op basis van de watertemperatuur (en de invloed daarvan op de afbraaksnelheid van organisch materiaal) terwijl in Oxy-val de situatie wordt uitgemiddeld over het hele zomerhalfjaar.

De huidige toestand in dit traject is zuurstofarm, wat als onwenselijk wordt ervaren in de kern Beuningen. De situatie is vergelijkbaar met traject 10, met dit verschil dat in traject 11 geen kroosdek voorkomt, waardoor de reaeratie er iets hoger is. De belasting is op dit traject groter dan wat wordt aangevuld door reaeratie, die laag is. De bronnen zijn diffuus: het voeren van eendjes, vissers (lokvoer) en bladval (zie afbeelding 4.6).

Traject 3

Traject 3 wordt vooral gevoed door de afvoer van het hemelwaterstelsel. In dit traject worden relatief hoge zuurstofconcentraties berekend van ca. 6,5 mg/l. Er zijn enkele puntmetingen uitgevoerd in de waterpartijen in het kader van de veldinventarisaties, de meetwaarden zijn 8,2 / 3,2 / 3,7 mg/l. Vooral in de zomer (juli en augustus) zijn de metingen veel lager dan wat er wordt berekend. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn:

- de temperatuursafhankelijke afbraaksnelheden in de zomerperiode;
- de concentraties die worden gehanteerd voor de afvoer van het hemelwaterstelsel;
- een onderschatting van de bronnen (bijv. bladval);
- de ruimtelijke effecten. Dit traject ligt in het deel van Beuningen dat een betere doorstroming kent, door grotere, open watergangen met goede verbindingen. In de omgeving liggen een aantal grotere rioolwateroverstorten. Het is goed mogelijk dat een deel van het overstortwater ook naar deze watergang verspreid. Deze ruimtelijke effecten kunnen niet goed worden meegenomen in Oxy-val.

Traject 13-14

In traject 13-14 is een overstort van een bergbezinkbassin aanwezig. De resultaten van Oxy-val geven twee berekende concentraties: de 'normale' situatie (ca. 3,8 mg/l) en de situatie vlak na een overstort (0 mg/l). De metingen laten de volgende concentraties zijn: 21 mei: 9,6/8,7 mg/l, 6 juli: 8/2,1 mg/l en 24 aug: 2,8/3,8 mg/l. De berekende waarden lijken daarmee goed overeen te komen voor de 'normale' situatie en minder voor de situatie vlak na een overstort. Het is goed mogelijk dat door het beperkte aantal metingen er niet in situaties vlak na een overstort is gemeten.

De situatie in de praktijk komt niet overeen met wat wenselijk is voor de kern Beuningen. De belangrijkste bron is de rioolwateroverstort. Het bergbezinkbassin zorgt er wel voor dat de situatie beter is dan zonder bergbezinkbassin, d.w.z. dat bij een bergbezinkbassin de zuurstofconcentraties in een 'normale' situatie hoger zijn. Omdat het echter hier om een forse overstort gaat, wordt er meer organisch materiaal naar het watersysteem afgevoerd dan dat het watersysteem qua zuurstoftoevoer aankan. De reaeratie is in dit traject wel beter dan in de trajecten 10 en 11 door de hogere doorstroming en open ligging.

Afbeelding 4.6 Foto van traject 11 [bron: Waterschap Rivierenland]



Traject 25

In traject 25 is een overstort uit het gemengde stelsel aanwezig zonder randvoorziening. De berekende zuurstofconcentratie is ca. 5,8 mg/l in een situatie zonder rioolwateroverstort en ca. 0 mg/l in een situatie met rioolwateroverstort. Het dichtstbijzijnde reguliere meetpunt is De Heuve, de minimale gemeten concentratie ligt hier rond 2 mg/l. De puntmetingen laten concentraties zijn van 9,3 / 6,3 / 3,2 mg/l op respectievelijk 21 mei, 6 juli en 24 augustus. De situatie die wordt voorspeld met Oxy-val laat daarmee (gemiddeld) goed de situatie zonder rioolwateroverstort zien. Omdat er slechts drie puntmetingen beschikbaar zijn, is niet duidelijk of er ook vlak na een overstortgebeurtenis is gemeten.

4.4 Synthese en discussie

De ESF organische belasting is in Beuningen niet op orde. Er worden regelmatig lage zuurstofconcentraties gemeten en er zijn grote bronnen van organische belasting aanwezig. De oorzaken van de lage zuurstofconcentraties zijn echter divers: kroosdekken, algen, beperkte reaeratie door de geïsoleerde ligging van waterpartijen, en stedelijke bronnen zoals bladval en rioolwateroverstorten. Per locatie verschilt de invloed van deze factoren.

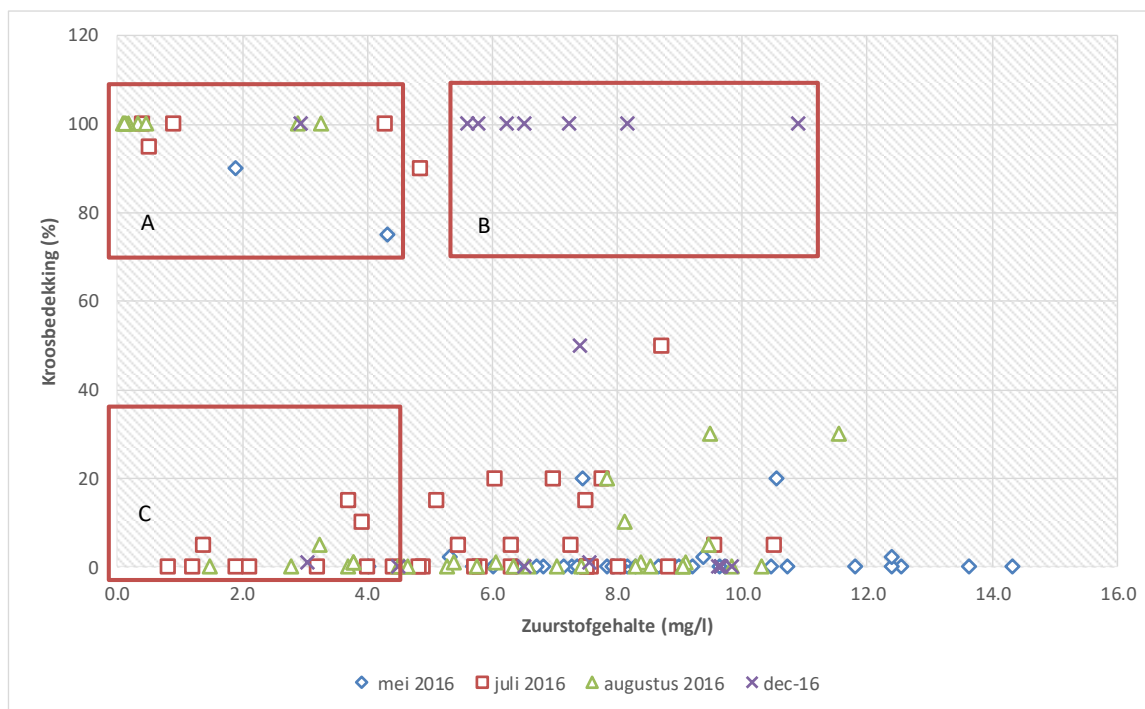
Kroosdekken

Een belangrijke oorzaak van de lage gemeten zuurstofconcentraties zijn de kroosdekken die in de stedelijke kern voorkomen. Een kroosdek zorgt onder andere voor een verminderde uitwisseling van zuurstof tussen water en lucht. In afbeelding 4.7 zijn de gemeten zuurstofconcentraties uitgezet tegen de waargenomen kroosbedekkingen. De volgende zaken vallen op:

- bij hoge kroosbedekkingen wordt veelal een lage zuurstofconcentratie gemeten (vak A in de afbeelding);
- bij hoge kroosbedekkingen wordt soms ook een hoge zuurstofconcentratie gemeten (vak B). Dat is echter alleen in de winter het geval;

- ook op locaties zonder kroosdekken zijn lage zuurstofconcentraties gemeten (vak C). Hier moet een andere oorzaak spelen.

Afbeelding 4.7 Kroosbedekking en zuurstofgehalten in Beuningen



Bladval

Uit de toepassing van de Oxy-val blijkt dat bladval een belangrijke bron van organisch materiaal is. Blad bestaat vooral uit grof, langzaam afbrekend materiaal. Dit materiaal bezinkt op de waterbodem en breekt daar na verloop van tijd af.

De in Beuningen gemeten zuurstofconcentraties zijn uitgezet tegen de dikte van de baggerlaag en de hoeveelheid bladval per strekkende meter watergang (zie afbeelding 4.8 en afbeelding 4.9).¹ Uit de grafieken valt geen eenduidige relatie af te leiden tussen de hoeveelheid slib of bladval in de watergang en de gemeten zuurstofconcentraties. Wat wel opvalt is dat op alle locaties met zuurstofgehalten lager dan 4 mg/l ten minste 20 % bagger aanwezig is en dat op alle locaties waar minder dan 20 % bagger aanwezig is de zuurstofgehalten hoger zijn dan 5 mg/l.² Tussen de hoeveelheid bladval en de gemeten zuurstofgehalten is in het geheel geen relatie zichtbaar. Een mogelijke verklaring is dat op vrijwel alle locaties een behoorlijke hoeveelheid blad kan worden aangetroffen. De bepalende factor is dan mogelijk niet het zuurstofverbruik van het blad, maar juist de reaeratie-snelheid in deze systemen.

Reaeratie

In de resultaten van Oxy-val is zichtbaar dat de gevoeligheid (de mate waarin zuurstof aangevuld kan worden door onder andere reaeratie) van het watersysteem sterk bepalend is voor de resultaten van de zuurstofberekeningen, wat ook klopt met de beleving uit de praktijk. In de grotere, goed doorstroomde watergangen zijn zuurstofproblemen vaak het gevolg van een grote vracht organisch materiaal. In de kleinere watergangen, waar de organische vracht beperkter is, ontstaan ook zuurstofproblemen, doordat het watersysteem hier veel gevoeliger is.

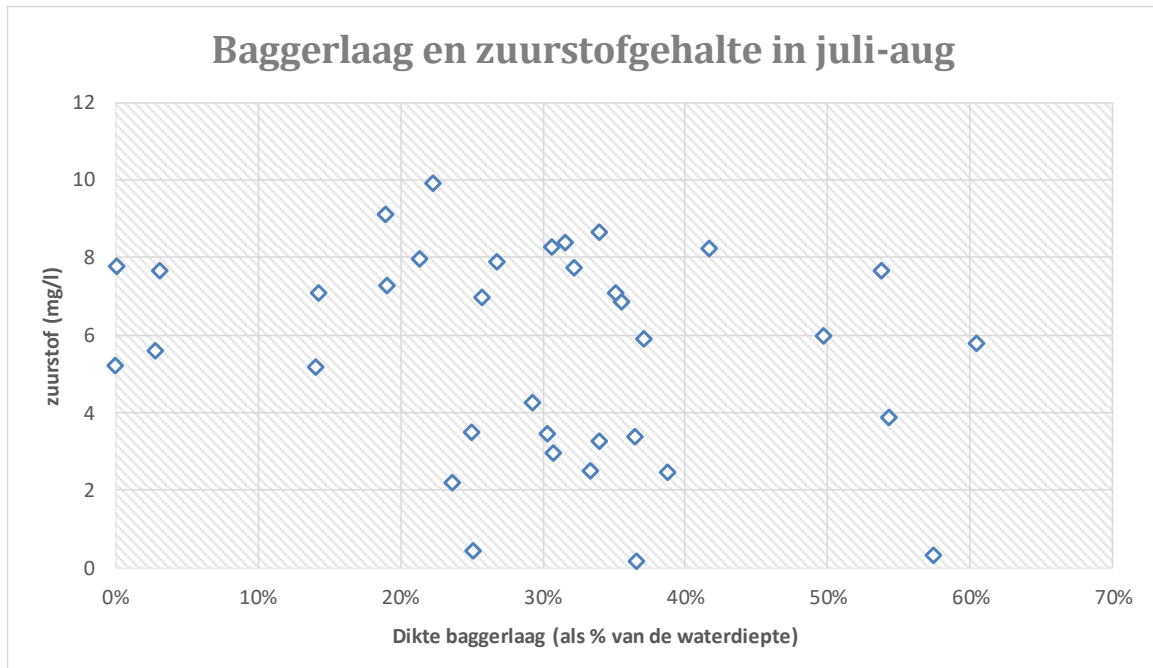
¹ Helaas kon op basis van de beschikbare gegevens niet de bladval per m² worden berekend.

² De dikte van de baggerlaag is uitgedrukt als percentage van de waterdiepte.

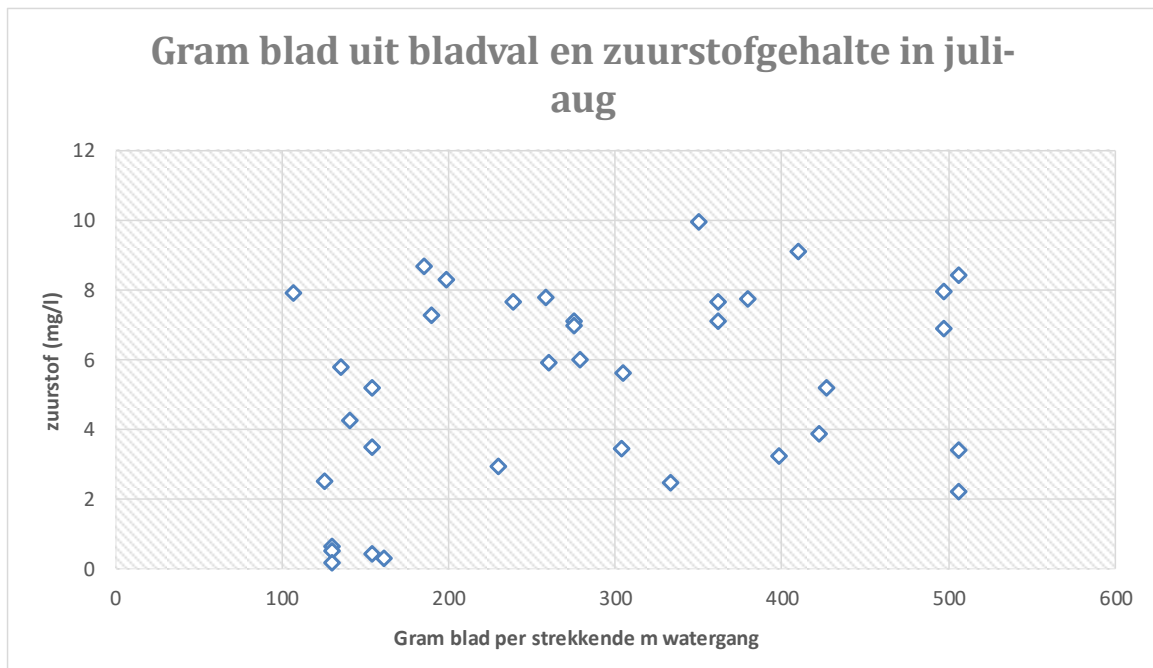
Riolwateroverstorten

In Beuningen zijn nog een aantal forse rioolwateroverstorten aanwezig. Deze zijn gesitueerd op ruimere watergangen waar de reaeratie beter is dan in de minder doorstroomde delen van het watersysteem. Door de omvang van de overstorten kunnen deze echter nog wel een forse dip in de zuurstofhuishouding veroorzaken.

Afbeelding 4.8 Zuurstofconcentraties (in mgO_2/l) uitgezet tegen de dikte van de baggerlaag (als % van de waterdiepte)



Afbeelding 4.9 Zuurstofconcentraties (in $\text{mg O}_2/\text{l}$) uitgezet tegen de massa bladval (in gram per strekkende meter watergang)



5

NADERE ANALYSE

5.1 Inleiding

De ESF organische belasting kent een uitwerking in drie stappen, van grof naar fijn. Eerst worden in een quick scan locaties waar mogelijk sprake is van een te hoge organische belasting gescheiden van locaties waar dat zeker niet het geval is. Vervolgens wordt met behulp van een globale analyse gepoogd inzicht te krijgen in de huidige toestand en de oorzaken van deze toestand.

Wanneer de globale analyse niet voldoende inzicht oplevert om te kunnen begrijpen waardoor het water aan de gewenste toestand voldoet, is een nadere analyse nodig. De huidige toestand en het systeemfunctioneren dient dan in meer detail in beeld gebracht te worden, bijvoorbeeld op het gebied van:

- de verspreiding van water vanuit bronnen door het watersysteem;
- de rol van het voedselweb;
- de temporele variatie;
- de rol van lozing van zuurstofverbruikende anorganische stoffen zoals ammonium.

In de laatste fase van de uitwerking van de ESF organische belasting zijn instrumenten getest die mogelijk geschikt zijn om in te zetten voor de nadere analyse, zie ook het 'Achtergrondrapport: nadere analyse'. Daaruit bleek dat er momenteel nog geen instrument geschikt is om de stap nadere analyse volledig in te vullen, maar dat met (een koppeling van) bestaande modellen al wel meer inzicht in de zuurstofhuishouding kan worden verkregen. In dit hoofdstuk gaan we in op de toepassing van twee modellen op de casus Beuningen: SOBEK-DELWAQ en PCDitch.

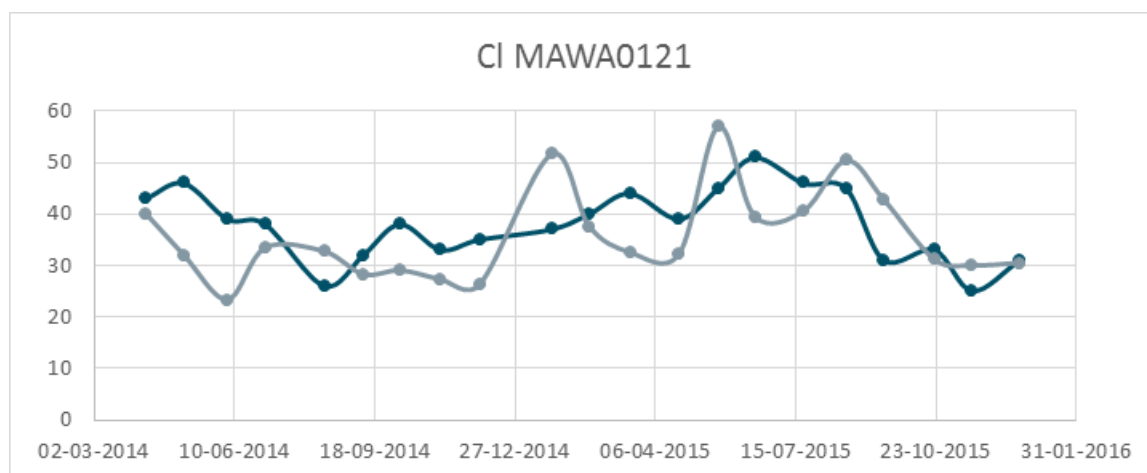
5.2 SOBEK-DELWAQ

Kalibratie

Voor de modellering in SOBEK is gebruik gemaakt van het bestaande waterkwantiteit- en waterkwaliteitsmodel van Waterschap Rivierenland. De eerste stap is een validatie/kalibratie van het model op basis van de gemeten chlorideconcentraties. Chloride is als conservatieve en vaak gemeten stof bij uitstek geschikt om te toetsen of het model hydrologisch voldoende functioneert.

Afbeelding 5.1 geeft ter illustratie de resultaten op één van de meetpunten weer. (De overige locaties laten een vergelijkbaar beeld zien.) Wat opvalt is dat de gemiddelde chlorideconcentraties door het model vrij redelijk worden gereproduceerd, maar dat de variatie (pieken en dalen) niet goed uit de verf komt. De oorzaak daarvan kan zijn dat de hydrologische situatie niet met een voldoende detailniveau gemodelleerd wordt (bijv. de verspreiding van inlaatwater of de timing van neerslag en afstroming). Het is echter ook mogelijk dat temporele variaties in de chlorideconcentraties van de verschillende bronnen niet goed in beeld zijn. Voor de chlorideconcentratie in grondwater is bijvoorbeeld een vaste waarde aangenomen, omdat er geen gedetailleerdere metingen beschikbaar zijn. De chlorideconcentraties in freatisch grondwater fluctueren echter onder invloed van kwel en droogte. Daarnaast zijn alleen maandelijkse puntmetingen beschikbaar, waardoor de vergelijking van metingen en berekeningen maar beperkt mogelijk is.

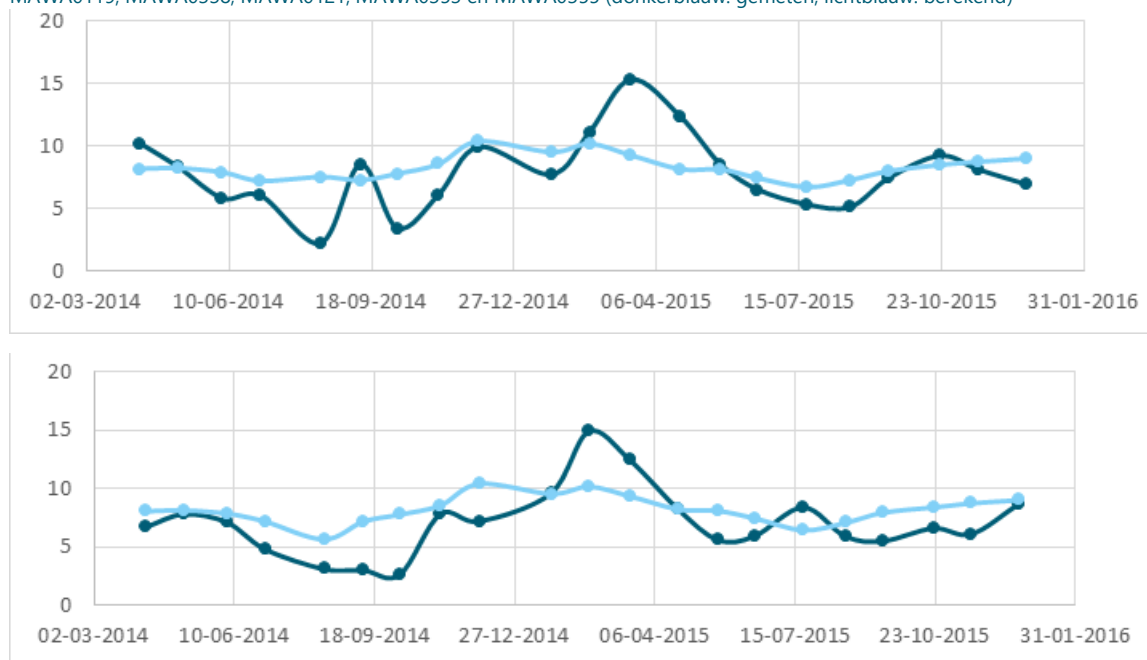
Afbeelding 5.1 Vergelijking van gemeten en berekende chlorideconcentraties (in mgCl/l) op meetpunt MAWA0121 in Beuningen (Blauw: berekende concentratie. Grijs: gemeten concentratie). De andere meetlocaties in Beuningen geven een vergelijkbaar beeld



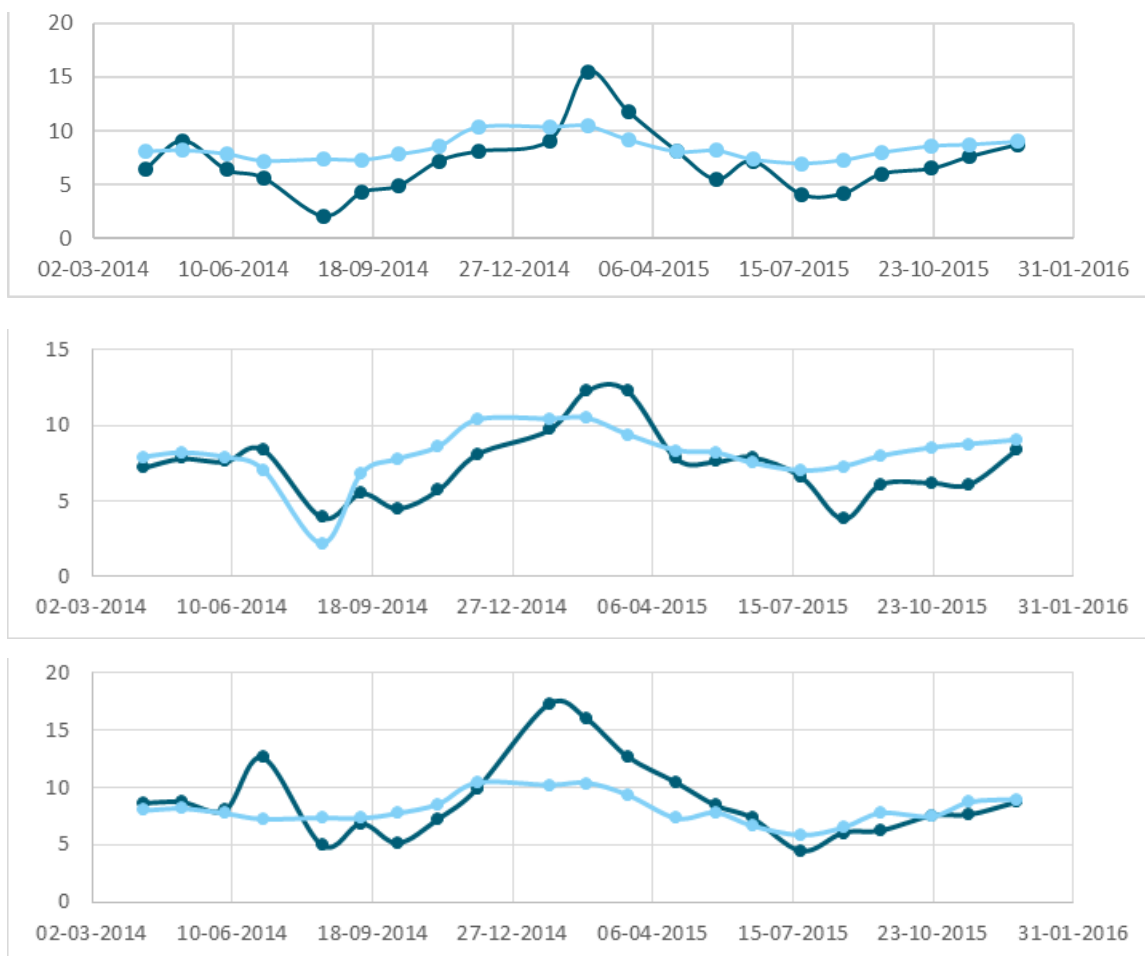
Zuurstofmodellering

Voor de berekeningen aan de zuurstofhuishouding is gebruik gemaakt van de processenbibliotheek van DELWAQ, waar de relevante zuurstofprocessen uit zijn geselecteerd.¹ De bronnen in Beuningen zijn ingevoerd op basis van de BZV-belasting op het watersysteem. De onderstaande grafieken geven vergelijkingen tussen berekende en gemeten zuurstofconcentraties.

Afbeelding 5.2 Vergelijking gemeten en berekende zuurstofconcentraties (mg/l) op achtereenvolgens de meetpunten: MAWA0119, MAWA0338, MAWA0121, MAWA0353 en MAWA0355 (donkerblauw: gemeten, lichtblauw: berekend)



¹ Er zijn ook vooraf gedefinieerde (en uitgebreidere) processensets aanwezig, zoals TEWOR en het 'simple oxygen model'. De voor deze casus gebruikte processen zijn vergelijkbaar met de processen in TEWOR en het 'simple oxygen model'. Voor TEWOR zijn verschillende versies beschikbaar, waarbij in de uitgebreidere versies bijvoorbeeld ook de sedimentatiesnelheid van organisch materiaal en reaeratieparameters ingevoerd kunnen worden. Deze processen zijn echter niet gekend voor de casus Beuningen.



De vergelijking tussen de berekende situatie en de situatie in de praktijk wordt deels verstoord doordat er alleen maandelijkse puntmetingen beschikbaar zijn. Zuurstof reageert sterk op tijdelijke pieklozingen van organisch materiaal, bijvoorbeeld bij overstorten. Met een maandelijkse puntmeting is het goed mogelijk dat er bijvoorbeeld net voor of net na een zuurstofdip wordt gemeten. Daarnaast is de zuurstofconcentratie met een dag-nachtfluctuatie een sterk variabele parameter, wat niet door het model wordt gereproduceerd.

Over het algemeen valt op dat in de gemodelleerde situatie de zuurstofconcentraties een meer geleidelijk verloop vertonen ten opzichte van de gemeten concentraties. Dat beeld is óók zichtbaar in de chlorideberekeningen. Mogelijk worden bronnen in het watersysteem te veel uitgevlakt over de periode terwijl deze in de praktijk een grilliger patroon laten zien. Ook de invloed van wisselingen in bodem- en watertemperatuur worden mogelijk afgevlakt door het standaard temperatuurverloop dat in de modellering is opgenomen.

Het effect van piekbronnen (o.a. rioolwateroverstorten) lijkt wel goed gereproduceerd te worden door het model, zie bijvoorbeeld meetpunt MAWA0353. De overige bronnen lijken echter niet goed terug te komen in de berekende zuurstofconcentraties, waardoor het effect van de overstorten niet goed afgewogen kan worden tegen de effecten van de andere bronnen.

In de praktijk speelt ook kroesgroei een belangrijke rol in de zuurstofhuishouding. Dit wordt echter in het SOBEK-model niet gereproduceerd, doordat het voedselweb niet is meegenomen.

Conclusies SOBEK-modellering

Ten opzichte van Oxy-val levert het SOBEK-model geen aanvullend inzicht in het functioneren van het watersysteem in Beuningen. Het doel van de nadere analyse is om meer inzicht te krijgen in onder andere de verspreiding van water uit de bronnen door het watersysteem, de rol van het voedselweb en de temporele variatie. De huidige toestand wordt echter al niet voldoende gereproduceerd, waardoor dit aanvullende inzicht niet kan worden verkregen. Er zijn daar een aantal belangrijke redenen voor:

- er is in het SOBEK-model nu gekozen voor een simpele benadering van de zuurstofhuishouding, vergelijkbaar met de processen die in het 'simple oxygen model' zijn opgenomen. Deze processen zijn te beperkt om de zuurstofhuishouding compleet te kunnen modelleren;
- voor de invoer van de processen die in het model zijn opgenomen, is onvoldoende gedetailleerde informatie beschikbaar. Dat ligt niet zozeer aan het (uitgebreide) monitoringsprogramma van Beuningen, maar eerder aan het detailniveau waarop informatie nodig is;
- met uitgebreidere processensets kan de zuurstofhuishouding wel uitgebreider in beeld worden gebracht, bijvoorbeeld door de rol van het voedselweb (de productie en consumptie van zuurstof) te reproduceren. Daarvoor moet echter wel de omvang van deze processen worden gekend. Deze kennis ontbreekt nu, zowel in het algemeen als specifiek voor de casus Beuningen.

NB! Een andere mogelijke en logische verklaring is dat de hydrologische situatie niet met een voldoende detailniveau gemodelleerd wordt (bijv. de verspreiding van inlaatwater of de timing van neerslag-afstroming). Er is uitgegaan van een bestaand SOBEK-model. De focus van de casus lag op de toepassing van het zuurstofmodel.

5.3 PCDitch

PCDitch is een model dat tot nu toe vooral wordt ingezet voor de ESF productiviteit water. Het model berekent echter ook zuurstof op basis van de afbraak van organisch materiaal en andere processen. De focus ligt op de modellering van het voedselweb, met name de groei van vegetatiegroepen, afhankelijk van onder andere de systeemkenmerken en de nutriëntenbelasting. Van PCDitch (en PCLake) is ook een online metamodel beschikbaar dat al door veel waterbeheerders wordt ingezet in watersysteemanalyses. Dit instrument is dus goed bekend en wordt bovendien ondersteund in verschillende cursussen.

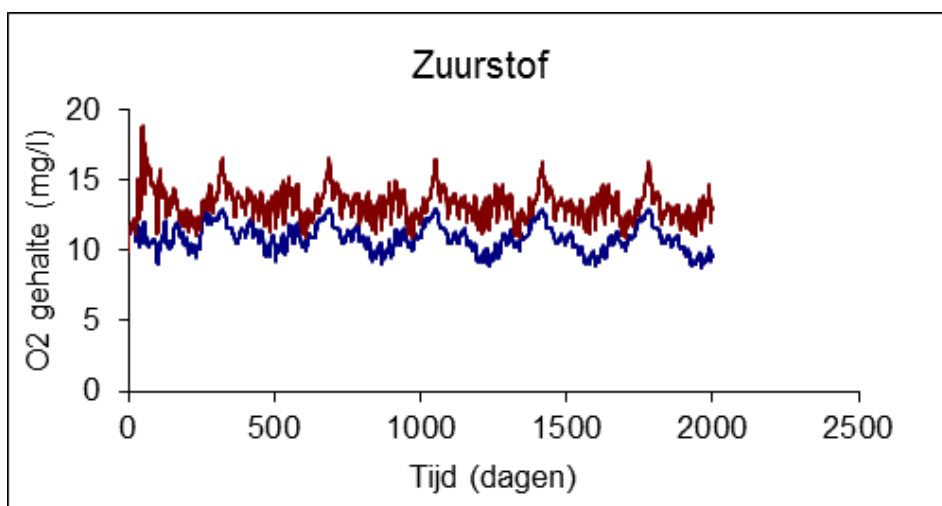
Modellering casus Beuningen

In PCDitch zijn de kenmerken van het watersysteem Beuningen ingevoerd, evenals de bronnen van organisch materiaal (overstorten, bladval, hondenpoep, eenden voeren, visvoer etc.) op basis van de gegevens die door het waterschap zijn aangeleverd. Afbeelding 5.3 laat de resultaten van de modellering zien. Er zijn twee situaties zichtbaar. De blauwe lijn geeft de defaultsituatie weer van PCDitch (dus zonder de systeemkenmerken en belasting van Beuningen). De bruine lijn laat de daggemiddelde zuurstofconcentraties zien voor de gemodelleerde situatie in Beuningen. De gemodelleerde situatie laat een goede zuurstofhuishouding zien, zonder oververzadiging of het uitzakken van zuurstofconcentraties. Dit komt echter niet overeen met de praktijk in Beuningen.

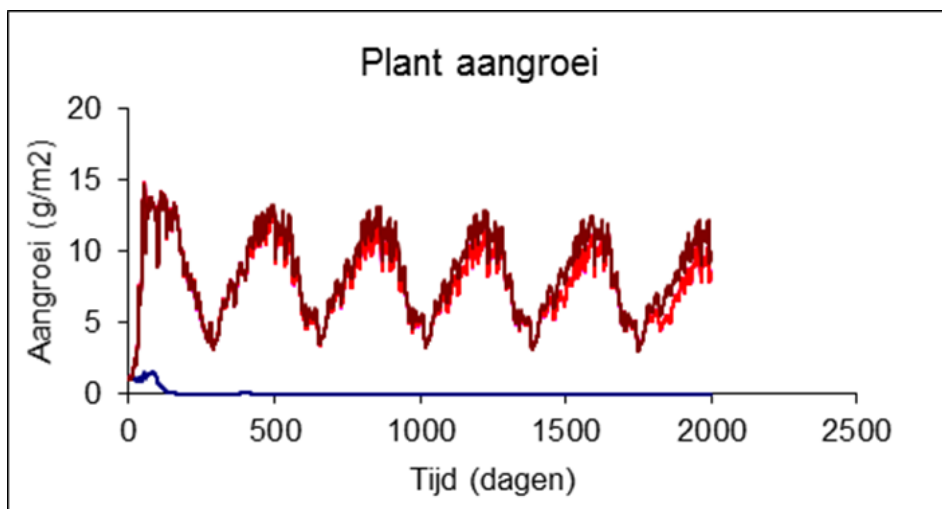
In afbeelding 5.4 is de ontwikkeling van planten in het watersysteem weergegeven. Hiermee wordt de gemodelleerde situatie verklaard. Door de aanvoer van organisch materiaal (en nutriënten) komt een grote hoeveelheid planten in het watersysteem tot ontwikkeling, met hogere gemiddelde zuurstofconcentraties tot gevolg. In de praktijk vindt in Beuningen vooral groei van kroos en algen plaats. Op de meeste geïnventariseerde locaties komen geen drijfbladplanten en ondergedoken waterplanten voor (wel oeverplanten). Op een aantal locaties worden wel hoge bedekkingen met waterplanten aangetroffen.

De situatie met hoge bedekkingen met waterplanten is de situatie die in het model wordt gereproduceerd. Het kan zijn dat dit door de 0D-toepassing komt. Als de belasting op het watersysteem gelijkmatig wordt verdeeld, ontstaat in alle watergangen woekervegetatie. Een andere verklaring is dat mogelijk in het model de nutriëntenbelasting ten opzichte van de praktijk is onderschat.

Afbeelding 5.3 Met PCditch berekende daggemiddelde zuurstofconcentraties in mg/l (blauw is een defaultsituatie, bruin de gemodelleerde situatie in Beuningen)



Afbeelding 5.4 Totale plantengroei (blauw is de defaultsituatie, bruin de gemodelleerde situatie in Beuningen)

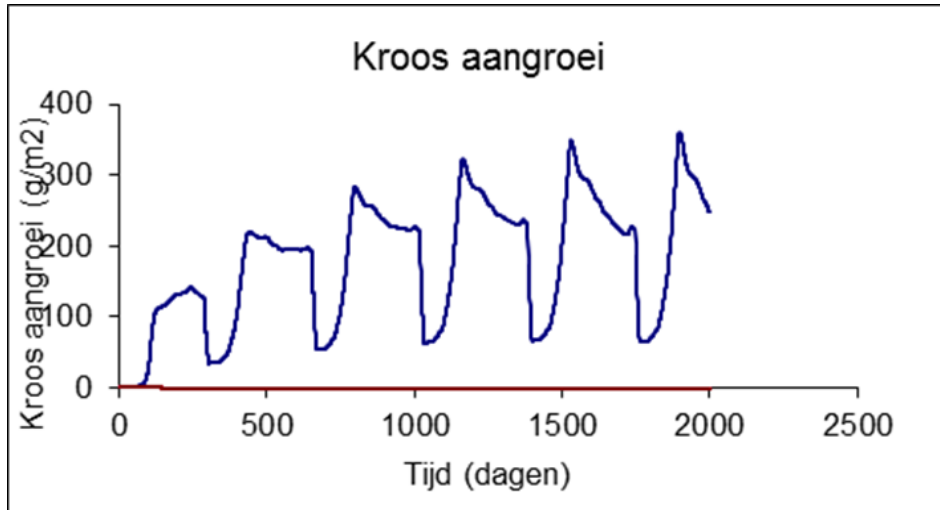


Variatie procesparameters

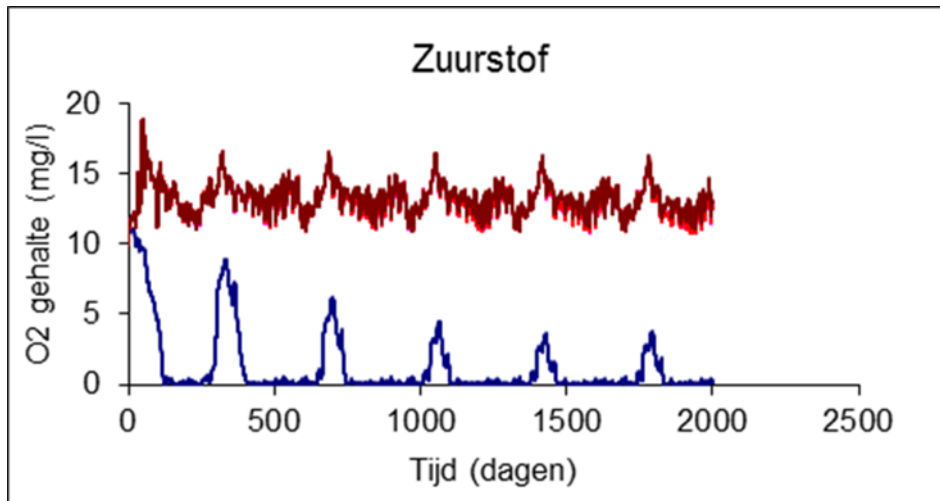
Om te onderzoeken of bij andere instellingen van de procesparameters de situatie in Beuningen wel kan worden gereproduceerd, zijn deze parameters gevarieerd. Eerst is de aanvoer met nutriënten en organische belasting gevarieerd totdat er kroosgroei optreedt in het model (zie afbeelding 5.5 en 5.6)afbeelding 5.6. In de tweede grafiek (met de zuurstofconcentratie) is te zien dat wanneer groei van kroos wordt geforceerd, onder de kroosdekken wel lage zuurstofconcentraties worden berekend.

Ook is onderzocht of bij een grotere aanvoer van organisch materiaal (overstorten) er wel zuurstofdips in het model worden berekend. Het is immers goed mogelijk dat doordat de vracht van de overstort wordt verdeeld over een groter gebied, de overstorten niet tot uitdrukking komen in lagere zuurstofconcentraties. Het model laat echter óók bij een veel grotere aanvoer van organisch materiaal of kleinere systeemdimesies, geen zuurstofdips zien. Wel zijn effecten zichtbaar bij de aanvoer van zuurstofloos water alsmede de langetermijneffecten van eutrofiëring.

Afbeelding 5.5 Kroosgroei in een situatie met verhoogde (organische en nutriënten) belasting (blauwe lijn)



Afbeelding 5.6 Zuurstof in een situatie met geforceerde kroosaangroei (blauwe lijn), daggemiddelde waarden



Conclusies PCDitch-modellering

Ook in PCDitch wordt de situatie in Beuningen niet goed gereproduceerd. De belangrijkste twee redenen daarvoor zijn:

- doordat het model 0D is, wordt de situatie in Beuningen gehomogeniseerd gepresenteerd. Er is in de praktijk echter veel variatie in het gebied aanwezig, zowel qua bronnen als qua hydrologische systeemkenmerken (zoals de waterdiepte). De lokale effecten zijn daardoor niet goed inzichtelijk. Dit is deels op te lossen door kleinere, homogener gebieden uit Beuningen los te modelleren;
- voor organisch materiaal dat snel afbreekbaar is, geeft het model geen realistische resultaten. PCDitch kan op dit vlak verder ontwikkeld worden.

De PCDitch-modellering geeft wel inzicht in het systeemfunctioneren van Beuningen, breder dan enkel de ESF organische belasting:

- de nutriëntenbelasting in de stedelijke kern is hoog, wat leidt tot een hoge productiviteit in het watersysteem. Het model laat vooral woekerplanten zien, terwijl in de praktijk naast woekerplanten ook veel kroosdekken (en algen in het voorjaar) voorkomen;
- de variatie in het watersysteem speelt daarbij naar verwachting een belangrijke rol. In de doodlopende en stagnante delen van het watersysteem groeit vooral kroos, terwijl in de grotere, open delen van het watersysteem woekerplanten voorkomen;

- daarnaast lijkt de nutriëntenbelasting iets te laag te worden ingeschat wat van invloed is op de PCDitch resultaten. De rol van bladval lijkt bijvoorbeeld te worden onderschat (de jaarlijkse belasting wordt over drie jaren verdeeld) en voor stikstof is de waterbodem niet meegenomen;
- de huidige baggerlaag draagt naar verwachting bij aan de hoge productiviteit in het watersysteem.

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusie

De quick scan, globale analyse en nadere analyse zijn toegepast voor de casus Beuningen. Hieronder staat per analysestap kort de conclusie. Vervolgens wordt kort het functioneren van het watersysteem in Beuningen samengevat, waarbij zowel naar de ESF organische belasting als naar de andere sleutelfactoren wordt gekeken.

Analysestappen ESF organische belasting

Uit de quick scan bleek dat er zuurstofproblemen zijn in het stedelijke water van Beuningen. Metingen laten zien dat de zuurstofconcentratie regelmatig erg laag is, met name in de zomerperiode. Ook zijn in het gebied grote potentiële bronnen van organische belasting aanwezig, zoals riooloverstorten en de aanwezigheid van bomen lang de waterkant.

In de globale analyse is gewerkt met de tool Oxy-Val. Hieruit bleek dat de oorzaken van de lage zuurstofconcentraties divers zijn: kroosdekken, algen, beperkte reaeratie door de geïsoleerde ligging van waterpartijen, en stedelijke bronnen zoals bladval en rioolwateroverstorten. Per locatie verschilt de invloed van deze factoren. Dit wordt met de tool zichtbaar.

In de nadere analyse is de casus Beuningen uitgewerkt met de modelpakketten SOBEK-DELWAQ en PCDitch. De huidige toestand kon daarbij niet goed worden gereproduceerd. Eén van de mogelijke oorzaken is dat de hydrologie modelmatig nog niet goed ontworpen is. De hydrologie is wel gekalibreerd, maar het was desondanks niet goed mogelijk de variatie in chlorideconcentratie te reproduceren. Mogelijk dat het model hydrologisch onvoldoende gedetailleerd is voor deze specifieke toepassing. Voor PCDitch geldt dat er mogelijk nog technisch-inhoudelijke knelpunten zijn in het model, zoals de integratieroutine. Een toepassing van PCDitch gekoppeld aan SOBEK in stromend water gaf een beter resultaat (zie het achtergronddocument 'Nadere analyse').

Hieronder gaan we verder in op conclusies en aanbevelingen voor het functioneren van het watersysteem van Beuningen. Ten slotte geven we advies over monitoring, waarbij we naast Beuningen ook terugkomen op de ESF organische belasting.

Systeemfunctioneren Beuningen

Het belangrijkste knelpunt in Beuningen is de hoge productiviteit van het water. Daardoor ontstaan algenbloei en kroosdekken in het watersysteem. De nutriëntenbronnen in het gebied zijn diffuus. De overstorten dragen veel bij, maar ook de inlaat van water, kwel en drainage, de waterbodem en stedelijke bronnen zijn belangrijk.

Het lichtklimaat is in Beuningen ook niet op orde. Deels is dat een gevolg van de hoge productiviteit, maar mogelijk spelen ook hoge gehalten zwevend stof ook een rol.

Op de waterbodem is in Beuningen een dikke sliblaag aanwezig. Dat draagt bij aan de eutrofiëring van het watersysteem, maar ook aan de lage zuurstofconcentraties in het gebied. De sliblaag op de bodem wordt opgebouwd door bladval, maar ook door overstorten en door de hoge productiviteit van het water.

Afgestorven kroos, ondergedoken waterplanten en algen verzamelen zich in de waterbodem, alwaar de afbraak zorgt voor een zuurstofvraag. Doordat veel watergangen al langere tijd niet zijn gebaggerd, heeft zich een dikke sliblaag op kunnen bouwen.

Er worden in Beuningen regelmatig zuurstofconcentraties gemeten die lager liggen dan wat wenselijk is voor het watersysteem. Dat heeft een belangrijke relatie met de hoge productiviteit van het watersysteem. Deels zijn de concentraties laag vanwege de kroosdekken die in het gebied voorkomen. Ook draagt de organische bodem bij aan lage zuurstofconcentraties, zeker in de meer geïsoleerde delen van het watersysteem. Daarnaast spelen de rioolwateroverstorten (organische belasting) een rol, zowel in de kortere dips die worden gemeten na een rioolwateroverstort, als in de opbouw van slib in het watersysteem met langduriger lagere concentraties als gevolg. Ook bladval is een belangrijke bron voor de zuurstofvraag vanuit de waterbodem.

6.2 Aanbevelingen

In Beuningen is de stedelijke waterkwaliteit in het kader van het pilotproject uitgebreid in beeld gebracht. Daarmee is er een grote hoeveelheid meetgegevens en veldopnames beschikbaar voor het uitvoeren van een analyse aan de organische belasting op het watersysteem. In deze paragraaf geven we achtereenvolgens aanbevelingen voor te nemen maatregelen t.b.v. de waterkwaliteit in Beuningen, voor de monitoring van de stedelijke waterkwaliteit in Beuningen en het verkrijgen van meer inzicht in de ESF organische belasting in Beuningen.

Maatregelen Beuningen

Het belangrijkste knelpunt in Beuningen is de hoge productiviteit van het water. Indirect is dit ook de oorzaak van veel knelpunten die in de andere ecologische sleutelfactoren worden geconstateerd, al dekt dit niet het hele verhaal. Een verdere bronaanpak ligt dan ook voor de hand. Vooral de overstorten en de overige stedelijke bronnen (bladval, hondenpoep, eenden) kunnen nog worden aangepakt. Concrete maatregelen zijn bijvoorbeeld:

- afkoppelen of andere maatregelen waarmee het overstortvolume kan worden gereduceerd;
- het instellen van een opruimplicht voor hondenpoep, het verplaatsen van hondenuitlaatvelden die op de oevers van watergangen zijn gesitueerd;
- regelmatig bladruimen en/of het verwijderen, verplaatsen of korter snoeien van bomen en struiken op de oevers van watergangen (tot een straal van circa 10 meter rondom het water);
- het ontmoedigen van het voeren van eenden.

Ook maatregelen om de draagkracht van het watersysteem te verhogen, kunnen bijdragen aan de oplossing door gunstigere omstandigheden te creëren voor de ontwikkeling van ondergedoken vegetatie.

Het baggeren van de waterbodem is nodig om de toestand weer op orde te krijgen. Het is daarbij wel van belang dat ook de achterliggende bronnen (o.a. bladval en overstorten) worden aangepakt, omdat anders in korte tijd er weer een nieuwe sliblaag ontwikkeld.

Het reduceren van de overstorten in het watersysteem is niet alleen van belang voor het verminderen van de productiviteit van het watersysteem en de bodem, maar ook voor het voorkomen van zuurstofdips die nu nog door de overstorten worden veroorzaakt.

Monitoring watersysteem Beuningen

In de monitoring van Beuningen valt op dat veel aspecten zeer gedetailleerd in beeld zijn gebracht, bijvoorbeeld: bladval, hondenpoep, het voeren van eenden en de ontwikkeling van de vegetatie gedurende het jaar. Daarmee ontstaat een zeer compleet beeld van de ontwikkeling van de stedelijke waterkwaliteit gedurende het jaar alsmede de omvang en impact van de verschillende stedelijke bronnen.

Voor een stedelijke watersysteemanalyse naar de organische belasting kan met een beperktere meetset wellicht ook een voldoende compleet beeld worden verkregen van de omvang van bronnen en de vegetatie-

ontwikkeling. Bijvoorbeeld door een aantal representatieve stukken uit het watersysteem te kiezen en globalere berekeningen uit te voeren aan de omvang van bepaalde bronnen (bijvoorbeeld een aanname op basis van het aantal hondenbezitters in de stedelijke kern).

Voor de fysisch-chemische metingen in het oppervlaktewater van Beuningen is echter maar een beperkte meetset beschikbaar. Een aantal vaste meetpunten zijn maandelijks bemonsterd en op een groot aantal locaties zijn gedurende het jaar enkele puntmetingen uitgevoerd. Daarmee is duidelijk in beeld gebracht dat er regelmatig lage zuurstofconcentraties voorkomen in de stedelijke kern van Beuningen, maar is het lastig grip te krijgen op de omvang en reikwijdte van de problematiek.

Het sterk variabele karakter van de zuurstofhuishouding maakt het juist belangrijk om goed inzicht te hebben in de temporele verschillen. Daarom verdient het aanbeveling in de toekomst op een aantal specifieke locaties (bijvoorbeeld rondom overstorten en andere locaties waar verslechterde zuurstofomstandigheden worden verwacht) een hoogfrequentere metingen uit te voeren (indien tenminste meer inzicht gewenst/nodig is in de zuurstofhuishouding). Zuurstofmetingen kunnen ook goed met continue-meters worden uitgevoerd, zodat ook inzicht wordt verkregen in het dag-nachtritme.

Tenslotte speelt zwevend stof mogelijk een rol in het beperkte doorzicht, dat de draagkracht van het watersysteem verlaagd doordat er minder licht kan doordringen op de waterbodem, waardoor ondergedoken vegetatie niet goed tot ontwikkeling kan komen. Algen en kroos hebben dan betere concurrentiemogelijkheden, waardoor ze sneller domineren. Het is nu niet duidelijk of de concentraties zwevend stof daadwerkelijk verhoogd zijn - op basis van fotomateriaal lijkt dit wel het geval te zijn - en wat de bron dan zou zijn: de inlaat van zwevend stof, zwevend stof uit bronnen zoals overstorten of HWA-uitlaten, of het opwoelen van slib. Het verdient daarom aanbeveling deze parameter meer te meten.

Inzicht in ESF organische belasting

Een van de knelpunten voor het goed begrijpen van de ESF organische belasting is dat er onvoldoende inzicht is in de kenmerken van bronnen en het verloop van bepaalde processen. Het lijkt niet haalbaar om de monitoring in het watersysteem op grote schaal uit te breiden om al deze processen in beeld te brengen. Voor het vervolg van de uitwerking van ESF organische belasting is daarom niet de aanbeveling om de monitoring sterk uit te breiden. Om de kennis van de zuurstofprocessen en modelering daarvan uit te breiden, wordt aanbevolen om goede kentallen af te leiden waarmee meer handvaten ontstaan voor een degelijke modellering.

Wel verdient het aanbevelingen om, indien organische belasting een knelpunt lijkt te vormen in het ecologisch functioneren van watersystemen, de zuurstofhuishouding rondom knelpuntlocaties enige tijd hoogfrequent te monitoren en ook het zuurstofverbruik van de bodem in beeld te brengen. Daarmee wordt het inzicht in het functioneren van het watersysteem sterk vergroot.

