

Notitie

Aan : Waterschap Zuiderzeeland, Erik Deiman
 Van : Francine van der Loop & Carola Hesp
 Datum : 8 februari 2008
 Kopie : Nanco Dolman
 Onze referentie : 9S5887/N00003//Amst

Betreft : N en P invloed van Oostvaardersplassen op de Lage Vaart (na aanpassing hoge P waarde)

1. Inleiding

In opdracht van het Waterschap Zuiderzeeland is een studie uitgevoerd naar de beïnvloeding van de AWZI's op de kwaliteit van de vaarten (Witteveen en Bos 2006). Naast de AWZI's wordt het natuurgebied de Oostvaardersplassen als bron genoemd van nutriënten N en P. Het is onduidelijk welke bijdrage de Oostvaardersplassen leveren aan de nutriëntenvracht in de Lage Vaart in relatie tot de AWZI's die op de Lage Vaart lozen.

Er zijn verschillende maatregelen mogelijk om N en P terug te dringen in de Lage Vaart door de verschillende bronnen aan te pakken. Als de Oostvaardersplassen inderdaad een grote belasting van nutriënten vormen op de Lage Vaart kan dit eventueel door passende maatregelen als een helofytenfilter worden verminderd. Onduidelijk is of maatregelen als een helofytenfilter zich verhouden tot maatregelen aan de AWZI of in de waterketen. Op basis van een afweging van kosten en efficiëntie wil Zuiderzeeland de mogelijke maatregelen tegen elkaar kunnen afwegen.

Doel en onderzoeksvragen

De resultaten van dit quickscan onderzoek moeten ertoe bijdragen dat maatregelen aan de AWZI, in de keten of bij de Oostvaardersplassen tegen elkaar kunnen worden afgewogen op basis van kostenefficiëntie.

Zuiderzeeland heeft Royal Haskoning gevraagd het volgende uit te zoeken:

- Wat is de procentuele N en P bijdrage van de Oostvaardersplassen aan de Lage Vaart in relatie tot de vracht die wordt uitgemalen en hoe betrouwbaar zijn de beschikbare gegevens?
- Is het afgevoerde water te zuiveren met een helofytenfilter?
- Wat zijn globaal de oppervlakte, aanleg- en beheerkosten van een helofytenfilter?
- Zijn er andere mogelijkheden voor zuivering van dit type water dan een helofytenfilter?

Bovenstaande is uitgewerkt in een notitie en verstuurd naar Zuiderzeeland. Achteraf bleek dat één zeer hoge P waarde in 1999 bij meetpunt 00835 de resultaten sterk heeft beïnvloed. Waterschap Zuiderzeeland heeft vervolgens gevraagd de notitie aan te passen, omdat bij validatie van de database de waarde uit 1999 als uitschieter is aangemerkt. Deze waarde is uit de dataset gehaald daar en tegen zijn de waarden uit 2007 meegenomen in de analyse.

2. Belasting van N en P door Oostvaardersplassen

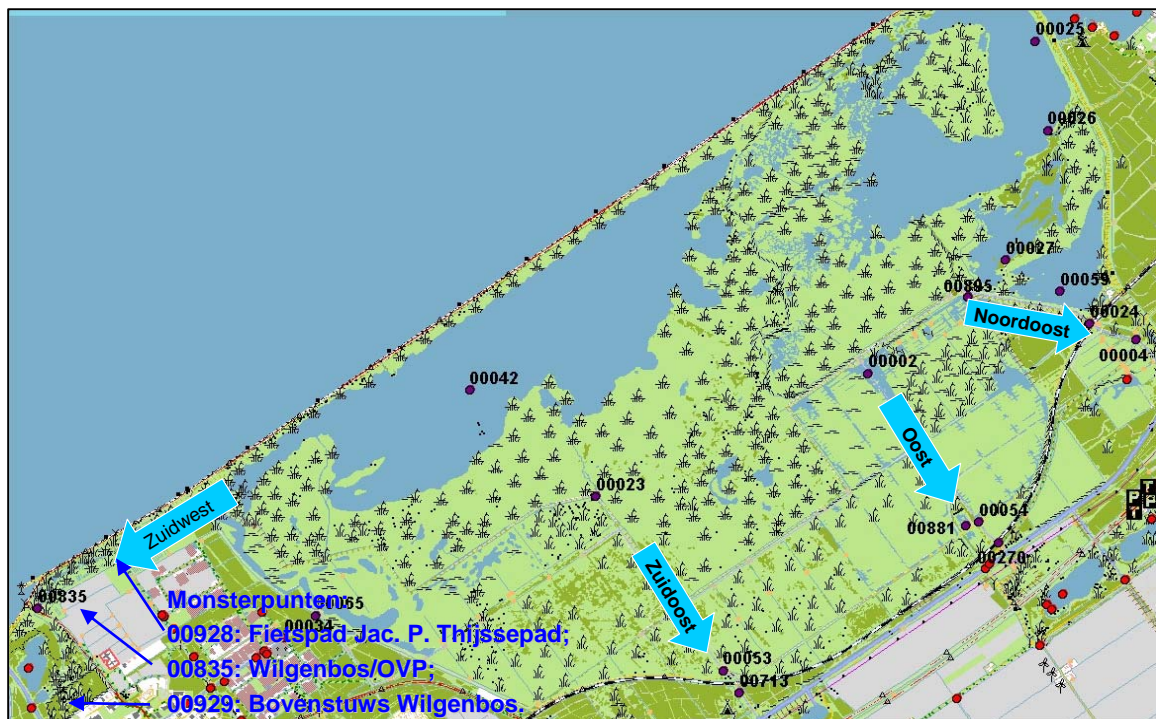
Methode

De relatieve bijdrage van N en P vanuit de Oostvaardersplassen is geschat op basis van een sterk vereenvoudigde stoffenbalans op de wijze die Witteveen en Bos heeft toegepast in de studie "Inventarisatie mogelijke KRW consequenties voor de AWZI's in Zuiderzeeland" (Witteveen en Bos 2006). Eerst is het watersysteem globaal beschreven. Daarbij is verkend via welke sloten het water uit de Oostvaardersplassen wordt afgevoerd naar de Lage Vaart en wat de totale jaarlijkse afvoer is. Vervolgens is aan de hand van beschikbare waterkwaliteitgegevens beoordeeld of de nutriënten vanuit de Oostvaardersplassen normoverschrijdend zijn. Voor de toetsing van het afgevoerde water ten opzichte van het water in de Lage Vaart zijn MTR normen gehanteerd. Aan de hand van de afvoer en de gemeten waterkwaliteit kan de belasting worden bepaald. Die is gerelateerd aan de vracht die wordt uitgeslagen vanuit de Lage Vaart naar het Markermeer/Ketelmeer.

Watersysteem en waterafvoer Oostvaardersplassen

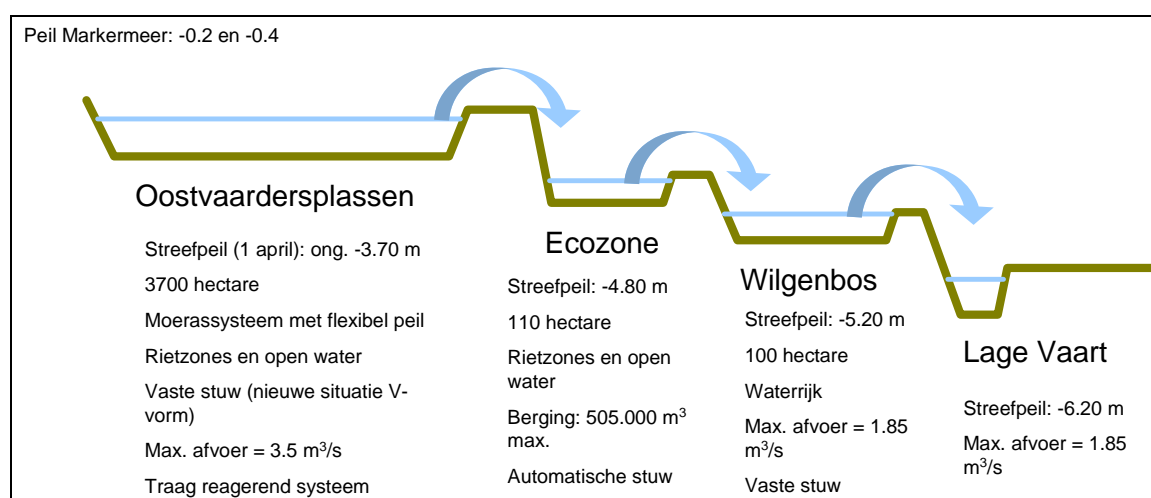
Het gebied de Oostvaardersplassen heeft tenminste 4 afvoermogelijkheden (figuur 1):

- Zuidwest: Vanaf de "Vinger" naar de Ecozone en het Wilgenbos, richting Tussenring en Lage Vaart;
- Zuidoost: Via de Kottertocht naar Kotterbos onder spoor door naar Lage Vaart;
- Oost: Via Kitstocht onder spoor door naar Lage Vaart;
- Noordoost: Sloot langs zuidoever van de Keersluisplas, onder het spoor via sloot en pompemaal naar Lage Vaart.



Figuur 1: Kaart van de Oostvaardersplassen waarop de 4 afvoerlocaties zijn aangegeven (tevens zijn meetpunten aangegeven).

In deze studie is er vanuit gegaan dat de Oostvaardersplassen hoofdzakelijk langs de Zuidwestelijke weg afvoeren, zoals ook aangenomen in de studie 'Dimensionering stuwen Oostvaardersplassen, Ecozone en Wilgenbos (Grontmij 2006). Waarschijnlijk zorgen de overige afvoeren ook voor een geringe lozing of aanvoer van water. Het water gaat bij de zuidwestafvoer via 3 stuwen, van de Oostvaardersplassen, naar de Ecozone en het Wilgenbos (figuur 2). Deze stuwen worden vervangen met als doel - naast herstellen van de stuwen - het creëren van een natuurlijker peilregime (groter peilverschil, meer dynamiek) en meer berging.



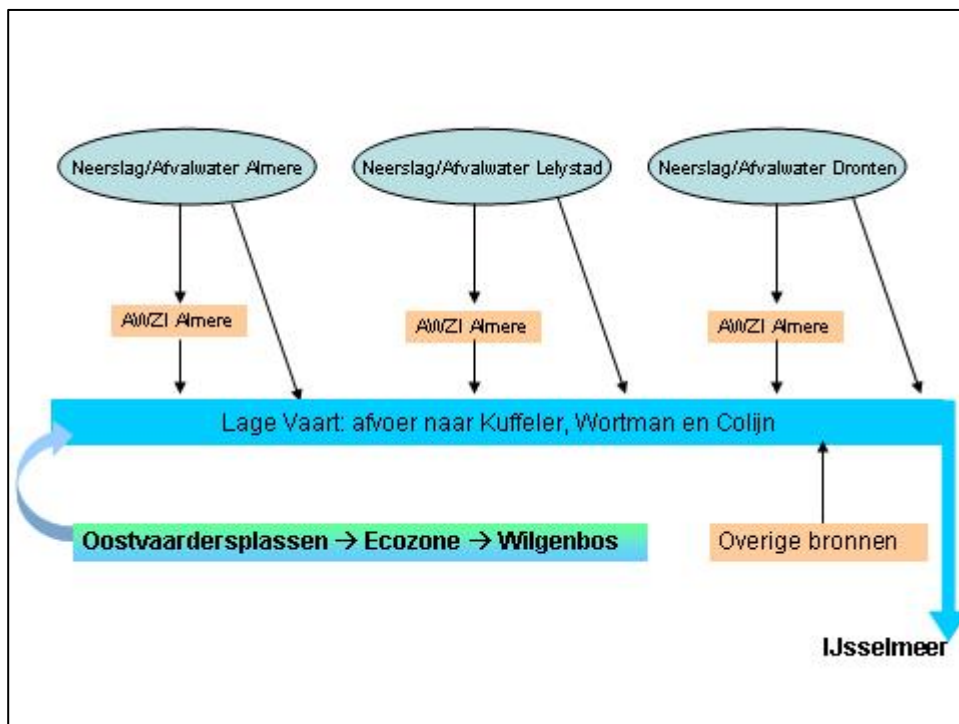
Figuur 2: Schematische weergave hoe het water uit de Oostvaardersplassen wordt afgevoerd naar de Lage Vaart.

In deze studie gaat het om de invloed van de Oostvaardersplassen op de Lage Vaart in de nieuwe situatie. De jaarlijkse afvoer van de Oostvaardersplassen is geschat op basis van de resultaten van een SOBEK model die is toegepast in de studie "Dimensionering stuwen Oostvaardersplassen" (Grontmij 2006). Met dit model is de afvoer over de stuw uit de Oostvaardersplassen berekend in m³/s gemiddeld per dag. Door Zuiderzeeland zijn complete jaarreeksen aangeleverd vanaf 1956 t/m 2005. Voor deze studie is met deze afvoerdebieten de jaarlijkse afvoer in m³ bepaald vanaf 2001 t/m 2005 door de totale dagwaarden (gemiddelde afvoer in m³/s naar m³/dag) te sommeren per jaar (tabel 1). Vergeleken met de nieuwe V-stuw, is de jaarlijkse afvoer met de huidige stuw hoger (in de berekening van de huidige situatie ontbreken waarden voor 2004). Voor de jaarlijkse afvoer en berekening van de vracht van N en P is uitgegaan van een gemiddelde jaarlijkse afvoer van 7,06 miljoen m³.

Jaar	V-stuw (* 10 ⁶ m ³)	Huidige stuw (* 10 ⁶ m ³)
2001	11,05	11,90
2002	10,85	9,17
2003	5,04	4,79
2004	3,41	
2005	4,96	4,20
gemiddeld	7,06	7,51

Tabel 1: Jaarlijks berekend debiet via de nieuwe V-stuw en de huidige stuw.

In figuur 3 is een vereenvoudigde schematisatie van de waterketen weergegeven van de Lage Vaart. Naast de Oostvaardersplassen zorgen 3 AWZI's en verschillende overstorten voor puntlozingen van nutriënten in de Lage Vaart (Almere, IJlstad en Dronten). Daarnaast leveren verschillende diffuse bronnen als kwel en afspoeling een bijdrage aan de nutriëntenvrucht. Het water in de Lage Vaart wordt vooral via het gemaal Colijn uitgeslagen (naar het Ketelmeer) volgens de studie "inventarisatie mogelijke KRW consequenties voor de AWZI's in Zuiderzeeland" (Witteveen en Bos 2006). Er zijn 2 andere gemalen die het water afvoeren of inlaten (vanaf het Markermeer): het De Blocq van Kuffeler gemaal en Wortman gemaal. Het gemaal De Blocq van Kuffeler staat met enige regelmaat aan om de pluim van de AWZI Almere naar buiten te pompen. De afvoer van de Oostvaardersplassen ligt vlakbij het gemaal De Blocq van Kuffeler en het afvoerwater zal dus regelmatig via dit gemaal uit de polder worden gepompt. Als dit gemaal niet aanstaat, zal het water uit de Oostvaardersplassen de hele Lage Vaart kunnen afstromen richting het gemaal Colijn die het meeste water uitslaat.



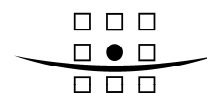
Figuur 3: Vereenvoudigde waterketen van de Lage Vaart.

Waterkwaliteit gegevens

In de zuidwestelijke afvoer liggen 3 meetpunten, waarvan er 1 oud is (00835: zie figuur 1) en 2 van recente oorsprong zijn (00928 en 00929):

- 00835: Wilgenbos/OVP;
- 00928: Fietspad Jac. P. Thijssepadi;
- 00929: Bovenstuws Wilgenbos.

In de Lage Vaart ligt vlakbij de zuidwestelijke afvoer een meetpunt bij het gemaal Blocq van Kuffeler (00009) die recentelijk hoogfrequent gemonitord wordt.



Er zijn weinig waterkwaliteitgegevens beschikbaar en er zijn verschillen tussen de meetpunten in meetperioden. Daardoor is het in veel gevallen niet mogelijk om waarden van verschillende meetpunten van hetzelfde jaar te vergelijken. Het is niet mogelijk om gemiddelden over meerdere jaren te vergelijken, omdat er weinig of geen overlap is in meetjaren (zie tabel 1 in bijlage 1). Daarom is er voor gekozen om het maximale zomergemiddelde aan te nemen als N of P waarde, om een veilig uitgangspunt te nemen voor de inschatting van de nutriëntenbelasting. Bovendien moeten de MTR waarden van N en P aan zomergemiddelden getoetst worden. De zomerconcentratie is ecologisch gezien het meest relevant wegens het groeiseizoen van de vegetatie en de hogere activiteit van biogeochemische processen. Een helofytenfilter zal bijvoorbeeld vooral in de zomerperiode zijn werk doen, aangezien de omzetting van nutriënten in de winter grotendeels stil ligt.

Waterkwaliteit toestand N en P

Om het afvoerende water vanuit de Oostvaardersplassen te toetsen is gebruik gemaakt van de meetpunten 00835, 00928 en 00929. De zomer- en wintergemiddelden van deze meetpunten zijn weergegeven in tabel 2 van bijlage. De maximale zomergemiddelde zijn weergegeven in tabel 2.

De fosfaatconcentratie overschrijdt alle jaren de MTR- norm. Het zomergemiddelde van 2003 is met 1,21 mg/l het hoogst. Zoals in de inleiding is aangegeven is de hoge waarde voor P (4,8 mg/l) uit 1999 niet meegenomen in de analyse. In de zomer van 1999 is één andere waarde gemeten, deze bedroeg 0,63 mg/l. Het zomergemiddelde van 2003 berust op 6 waarnemingen. Van de meetpunten 00928 en 00929 zijn alleen metingen uit 2007 beschikbaar. Deze zijn veel lager dan de zomergemiddelden uit 2003. Bij meetpunt 00928 was het zomergemiddelde 0,43 mg/l en bij meetpunt 00929 was dit 0,67 mg/l. Deze waarden liggen echter nog steeds boven de MTR norm. Er zijn in 2007 geen metingen verricht bij meetpunt 00835.

De concentratie N is alle jaren beneden de norm. Het hoogste zomergemiddelde is in 1999 gemeten en bedroeg 2,03 mg/l.

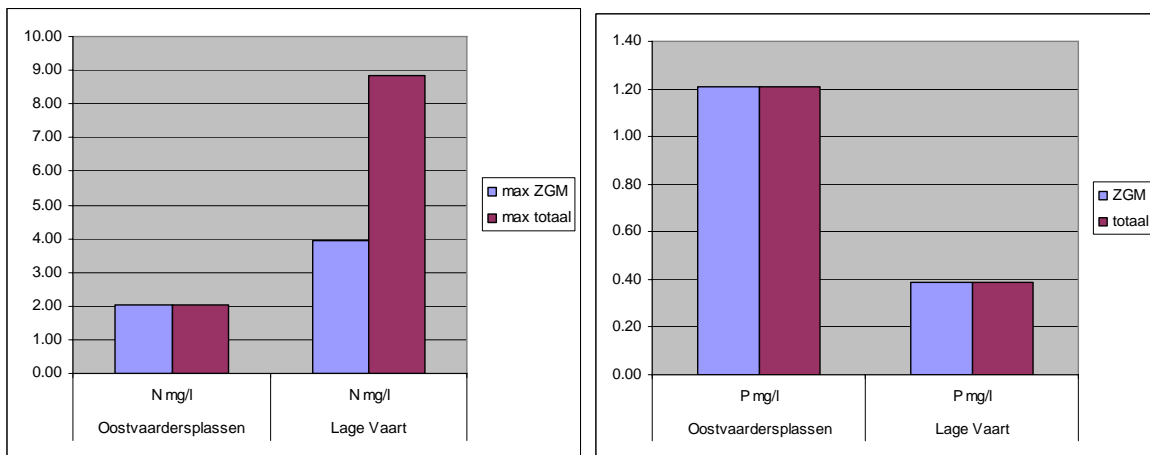
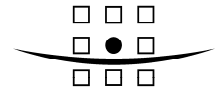
De gegevens wijzen op een mogelijk fosfaatprobleem. Fosfaat is vaak moeilijk uit het systeem te verwijderen en verdwijnt niet zo gemakkelijk als stikstof.

Locatie		max ZGM ¹	MTR norm	Toets ² (Overschrijdingsfactor)
Oostvaardersplassen (meetpunt 00835)	N mg/l	2,03	2,2	+
Lage Vaart (meetpunt 00009)	N mg/l	3,95	2,2	- (1,8)
Oostvaardersplassen (meetpunt 00835)	P mg/l	1,21	0,15	- (8,07)
Lage Vaart (meetpunt 00009)	P mg/l	0,39	0,15	- (2,6)

¹: Voor N en P worden zomergemiddelden gebruikt om aan de MTR normen te toetsen.

²: Als een (gemiddelde) meetwaarde de norm overschrijdt is er een negatieve toetsuitslag. De overschrijdingsfactor laat zien met welke factor de norm wordt overschreden.

Tabel 2: Toetsing van maximale N en P zomergemiddelden (mg/l) in de afvoer van de Oostvaardersplassen en dichtstbijzijnde meetpunt in de Lage Vaart aan MTR normen.



Figuur 4: Maximale N en P zomergemiddelden (ZGM) en maximale jaargemiddelde (totaal) in mg/l in de Oostvaardersplassen afvoersloot en in de Lage Vaart vlakbij de afvoer.

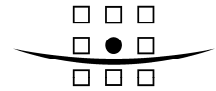
De zomergemiddelden in tabel 2 in dienen als uitgangspunt voor de N en P bijdrage op de Lage Vaart. In tabel 2 is te zien dat de N concentratie in de Lage Vaart vlakbij de zuidwestafvoer hoger is dan in het water van de Oostvaardersplassen. De N wintergemiddelden zijn zelfs nog hoger (zie bijlage 1). De P concentratie is echter lager dan het afvoerende water uit de Oostvaardersplassen. Uit de huidige gegevens kan niet worden afgeleid of en in hoeverre de waarden van het Lage Vaart meetpunt 00009, vlakbij de afvoerstuw van het Wilgenbos (en Oostvaardersplassen), beïnvloedt worden door de Oostvaardersplassen.

De MTR overschrijdingsfactoren van N en P op meetpunten in de overige afvoersloten zijn in tabel 3 opgenomen. Het gaat hier ook om de maximale overschrijding vanaf 2000. De P overschrijdingen verschillen sterk tussen de afvoerlocaties, de N overschrijdingen verschillen minder. Duidelijk is dat ook op grond van deze gegevens vooral fosfaat te hoog is in de Oostvaardersplassen. In de grote plas van de Oostvaardersplassen wordt de MTR norm voor P (0,15 mg/l) 4 keer overschreden, en de N-norm (2,2 mg/l) ruim 2 keer.

Locatie	MTR overschrijding Fosfaat	MTR overschrijding Stikstof
Zuidoost afvoer	2,32	0,84
Zuidwest afvoer	8,06	0,63
Oost afvoer	1,50	1,78
Noordoost afvoer	0,83	0,86
Plas	4,00	2,37

*: De overschrijdingsfactor laat zien met welke factor de norm wordt overschreden.

Tabel 3: Maximale MTR overschrijdingsfactor* van N en P bij meetpunten in de verschillende afvoerlocaties en de grote plas van de Oostvaardersplassen van 2000 tot 2006.



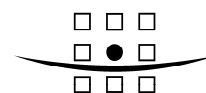
N en P bijdrage Oostvaardersplassen

De potentiële (en maximale) jaarlijkse vracht N en P die wordt afgevoerd vanaf de Oostvaardersplassen via de zuidwestelijke afvoer is bepaald door de aangenomen maximale zomergemiddelden¹ in tabel 2 te vermenigvuldigen met het geschatte jaarlijkse debiet. Daaruit volgt dat de (maximale) jaarlijkse vracht van P 8532 kg is, en van N 14.358 kg (tabel 4). Deze jaarlijkse vracht is in tabel 4 vergeleken met de vrachten van overige (punt)bronnen, AWZI's en overstorten, en de totale vracht die wordt uitgemalen bij het gemaal Colijn (Witteveen en Bos 2006). De procentuele bijdrage van de Oostvaardersplassen aan het uitgemalen water vanuit de Lage Vaart is maximaal 18,96 % voor P en 0,74 % voor N. Dit is ten opzichte van het uitgeslagen water via gemaal Colijn, ervan uitgaande dat bijna al het water via deze weg Flevoland verlaat.

De bijdrage van P is volgens deze sterk vereenvoudigde stoffenbalans aanzienlijk lager dan de bijdrage van AWZI's, maar heeft wel invloed op het totaal. De bijdrage van N is 10 keer lager dan de totale bijdrage van AWZI's. Ook hieruit blijkt dat het vooral om P-lozing gaat vanuit de Oostvaardersplassen.

Deze waarden geven dus een idee van de maximaal te verwachten N en P vracht vanuit de Oostvaardersplassen op de Lage Vaart op basis van een 'rechttoe rechtaan' stoffenbalans zonder rekening te houden met retentieprocessen etc. Het gaat hierbij vooral om de verhouding van de mogelijke invloed van de Oostvaardersplassen ten opzichte van AWZI's. In werkelijkheid zullen de vrachten en het aandeel ten opzichte van overige bronnen sterk kunnen variëren wegens de schommelingen in de N en P concentraties. In tabel 4 is daarom ook de jaarlijkse vracht opgenomen als uitgegaan wordt van de gemiddelde concentraties van alle aangeleverde zomer- en winterconcentraties op de meetpunten in de afvoer van de Oostvaardersplassen. Hierbij zijn niet alleen de waarden van meetpunt 00835, maar ook van meetpunt 00928 en meetpunt 00929 in 2007 meegenomen. Uitgaande van gemiddelde concentraties is vooral de fosfaatbelasting vanuit de Oostvaardersplassen lager. Het aandeel bedraagt 9,1 % in plaats van 18,96 %. De gemiddelde stikstof belasting wijkt minder af van de maximale belasting. De gemiddelde belasting bedraagt 0,65 % en de maximale 0,74 %. Bij het maken van keuzes voor emissiereducerende maatregelen dient er dus vooral voor P met een flinke spreiding rekening te worden gehouden.

¹ Maximale zomergemiddelden zijn bij deze meetpunten ook hoger dan de wintergemiddelden van N en P. Dit hoeft overigens niet altijd zo te zijn.



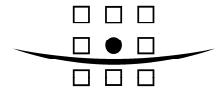
		Vracht 2004	Vracht 2005	Jaargem concentratie	Max concentratie	Aandeel	
Nutriënt	Bron	kg/j	kg/j	kg/j	Kg/j	% (gem conc)	% (max conc)
P-totaal	Oostvaardersplassen			4095	8532	9,1	18,96
	almere	6820	6202		6511		14,47
	lelystad	14056	3825		8941		19,87
	dronten	4163	3181		3672		8,16
	AWZI's	25039	13208		19124		42,50
	Colijn	46082	45320				
	overstorten				6862		15,25
Totaal	Uitgemalen Colijn				45000		
N-totaal	Oostvaardersplassen			12498	14358	0,65	0,74
	almere	30289	29357		29823		1,55
	lelystad	11452	17363		14408		0,75
	dronten	13295	18724		16010		0,83
	AWZI's	55035	65444		60240		3,12
	Colijn	2302864	1929196				
	overstorten				79292		4,11
Totaal	Uitgemalen				1929000		

*: gemiddeld jaarlijkse afvoer (2001 t/m 2005).

Tabel 4: Overzicht van geschatte vrachten en percentage N en P ten opzichte van de vrachten die uitgeslagen worden met een sterk vereenvoudigde stoffenbalans.

3. Helofytenfilter of andere maatregelen

Een helofytenfilter kan een mogelijke maatregel zijn om de N en P vracht vanuit de Oostvaardersplassen verder terug te dringen, waarbij het vooral gaat om het verminderen van de P-belasting. In het kader wordt kort ingegaan op de werkingsprincipes van een helofytenfilter. De ingeschatte zuivering door een helofytenfilter kan echter niet gegarandeerd worden. In sommige gevallen heeft een helofytenfilter juist averechts gewerkt door nutriënten na te leveren uit de bodem. Daarbij komt dat een helofytenfilter wel een biologisch instrument is, maar in principe geen hoogwaardige natuur oplevert. De uiteindelijke inrichting en aanleg van een helofytenfilter moet worden aangepast aan specifieke omgevingseisen en zoveel mogelijk worden ingepast in het natuurlijke landschap. Door slimme inrichting op basis van voldoende gegevens kan het maximale resultaat worden gehaald in zuivering en landschap- en natuurwaarden.



De werking van een helofytenfilter berust op een aantal processen:

- Bacteriën in de bodem. Rond de rietwortels ontwikkelen zich na korte tijd grote concentraties bacteriën die afvalstoffen in het water zeer efficiënt af kunnen breken. De bacteriegroei rond de wortels wordt nog eens bevorderd doordat de planten zuurstof uit de lucht opnemen en naar de wortels transporteren.
- Planten nemen fosfaat en stikstof op voor hun groei. Door de vegetatie te maaien worden deze nutriënten afgevoerd. Uit onderzoek in een veenweidegebied bleek dat 95 % van de stikstof en 80 % van de fosfor uit ingelaten rivierwater door de vegetatie werd opgenomen. Indien de nutriëntenconcentraties zo hoog worden dat zich een kroosdek ontwikkelt, neemt de opslag van nutriënten in planten dramatisch af (Ietswaart en Breure 2000).
- Door de zevende werking van wortels en stengels wordt (verontreinigd) slib vastgehouden, wat verdere vertroebeling van het water en de daarmee gepaarde algenvorming tegengaat.
- Water- en oeverplanten bevorderen de aanwezigheid van Snoek en Watervlooien, welke de groei van algen kunnen remmen. In helder water groeien waterplanten beter, en ook waterplanten remmen de algengroei op verschillende manieren.

Inschatting benodigde helofytenfilter

Op basis van eigen expertise heeft Royal Haskoning algemene ontwerptools voor vloe- en infiltratievelden ontwikkeld om globaal het benodigde oppervlak te bepalen van een helofytenfilter (of afvloeiingsveld). Voor het vaststellen van het ruimtebeslag wordt de volgende vuistregel gehanteerd: $O = 10 (C_{in} - C_{uit}) * Q / B_{max}$, Waarin:

O = oppervlak (m^2);

Q = debiet (m^3 per jaar);

C_{in} = concentratie in influent (mg N/l of mg P/l);

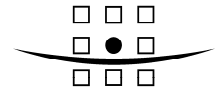
C_{uit} = concentratie in effluent (mg N/l of mg P/l);

B_{max} = maximale nutriëntenbelasting, zijnde 1000 kg N/ha.jaar of 100 kg P/ha/jaar.

Op grond van de te hoge P belasting uit de Oostvaardersplassen wordt uitgegaan van een helofytenfilter voor de reductie van P. Als bovenstaande oppervlakte berekening wordt toegepast voor de maximale ZGM afvoerconcentratie van P (1,21 mg/l) en de MTR-norm (0,15 mg/l) als streefwaarde is er een oppervlakte nodig van 75 hectare voor een helofytenfilter. Dat is een redelijk groot oppervlak vergeleken met de totale oppervlakte van de Oostvaardersplassen van 3700 hectare. Op basis de (jaar)gemiddelde concentratie van P van 0,58 mg/l², is slechts een oppervlakte van 30 hectare nodig. Dit is nog steeds een erg groot oppervlak. Wanneer genoeg genomen zou worden met een iets lager rendement kan het oppervlak natuurlijk kleiner zijn.

De kosten zijn geschat aan de hand van kengetallen in de studie Maatregelenpakketten KRW-Flevoland van Clevering et al. (2006). Hierin wordt uitgegaan van aanlegkosten van €8,- /m² en 70 % effectief zuiveringsoppervlak, jaarlijkse beheerkosten van €0,05/m², en jaarlijks maaien van riet in september van €0,07/m². De aanlegkosten zijn vergelijkbaar met de €75.000,- per hectare die Royal Haskoning hanteert. De globale kosten voor het helofytenfilter van 75 hectare bedragen bij een concentratie van 1,21 mg/l: 8,54 miljoen euro voor de aanleg en 90.000 euro

² Deze waarde komt overeen met het jaargemiddelde uit tabel 4. Hierbij zijn niet alleen de waarden van meetpunt 00835, maar ook van meetpunt 00928 en 00929 in 2007 meegenomen.



aan jaarlijkse beheerkosten. Als men uit gaat van het (jaar)gemiddelde van 0,58 mg/l kost de aanleg 3,4 miljoen en de jaarlijkse beheerskosten 36.000 euro.

Dit zijn beide hoge kosten om de vracht van de Oostvaardersplassen te verminderen en wegen waarschijnlijk niet op tegen de kosten en effectiviteit van het aanpassen van AWZI's.

Helofytenfilters zijn over het algemeen minder kostenefficiënt dan kunstmatigere zuiveringstechnieken als aanpassingen aan AWZI's. Om echt een goed beeld te hebben van de kosten en de efficiëntie van een helofytenfilter is voor het opstellen van een gedetailleerd ontwerp en de inrichting maatwerk nodig.

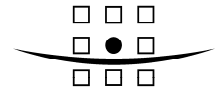
4. Afweging maatregelen

Voor de uiteindelijke afweging van maatregelen om de N en P vrachten op de Lage Vaart te reduceren is de inschatting in dit onderzoek te globaal. Het gaat hier om resultaten van een beperkte set van gegevens en een sterk vereenvoudigde stoffenbalans. Naast een helofytenfilter bestaan er maatregelen die kosteneffectiever kunnen zijn.

In de eerste plaats kunnen effectgerichte maatregelen worden ingezet die gebruik maken van natuurlijke processen. Hierbij gaat het om instellen van een natuurlijker peil (hogere waterstanden in de winter en droogval in de zomer), geen gebiedsvreemd water inlaten (waarschijnlijk niet van toepassing in Oostvaardersplassen), en maaien en afvoeren. Deze maatregelen kunnen een groot effect sorteren op de nutriëntenhuishouding en zijn relatief goedkoop. Het is hierbij wel van belang om de natuurlijke processen en stofstromen te kennen om de effecten te kunnen voorspellen. Met deze maatregelen wordt de nutriëntenstroom dichter bij de bron aangepakt, waardoor het gebied de Oostvaardersplassen er ook van profiteert.

In de tweede plaats kan fosfaat gereduceerd worden met kunstmatige maatregelen als defosfatering of fosfaatvastlegging. Bij defosfatering wordt het uitvoerende water geleid naar een flocculatiesysteem, waarin ijzer of andere stoffen worden toegevoegd om fosfaat te binden en in vlokken neerslaan. Hierbij moet de (zeer grote) chemicaliënvoorraad wel op peil worden gehouden en ieder jaar zal het bezonken slib met ijzerfosfaat moeten worden gesaneerd. De kosten zullen lager zijn dan een helofytenfilter en de effectiviteit (en controleerbaarheid) hoger. Om een indicatie van de kosten te geven: voor chemische of biologische defosfatering tot 0,5 mg/l kan wordt uitgegaan van € 1,75 per 50 m³, en voor de navolgende vlokingsfiltratie tot 0,15 mg/l € 5 per 50 m³. Dat betekent dat de kosten neerkomen op 9,5 ton euro (bij hetzelfde afvoerdebit als voor het helofytenfilter), bijna een factor 10 lager dan voor het helofytenfilter. Het gaat hierbij wel om een grove schatting op basis van beperkte gegevens.

Naast defosfatering van het effluent kan fosfaat ook worden vastgelegd door de bodem te injecteren met opgelost ijzer of aluminium. Dit is echter een weinig haalbare maatregel in een omvangrijk en slecht toegankelijk gebied als de Oostvaardersplassen die voor het grootste deel bestaat uit oppervlaktewater.



Waarschijnlijk is het aanleggen en beheren van een helofytenfilter minder kosteneffectief dan defosfatering om de afvoerende vracht te reduceren. Het is echter wel een maatregel die meer past bij een eutroof gebied als de Oostvaardersplassen. Beter is het nog om te onderzoeken wat de bron is van nutriënten. Mogelijke bronnen voor N en P die genoemd worden voor de Oostvaardersplassen zijn:

- Kwelstroom vanuit het Markermeer;
- Uitspoeling of nalevering vanuit de bodem, vooral fosfaat;
- Bemesting door fecaliën van vogels.

Er bestaat een grote kans dat door het instellen van een natuurlijker peilregime als gevolg van de nieuwe stuw er al meer fosfaat wordt vastgelegd, en het biologische systeem positief wordt beïnvloedt (bijvoorbeeld meer kieming van riet). Daarnaast wordt het water meer vastgehouden door de grotere bergingscapaciteit. Zo wordt de verblijftijd van het water langer, waardoor biogeochemische processen in het reeds aanwezige natuurlijke moerassysteem een groter effect kunnen sorteren op het reduceren van nutriënten.

5. Conclusie en aanbevelingen

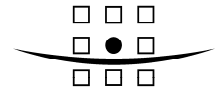
Conclusies

In de zuidwestelijke afvoer van de Oostvaardersplassen is P normoverschrijdend, N ligt beneden de MTR-norm. De Oostvaardersplassen leveren op basis van dit onderzoek een grote bijdrage aan de totale P vracht. De procentuele bijdrage van de Oostvaardersplassen aan het uitgemalen water vanuit de Lage Vaart is 18,96 % voor P en 0,74 % voor N. Deze waarden geven dus een idee van de maximaal te verwachten N en P vracht vanuit de Oostvaardersplassen op de Lage Vaart op basis van een 'recht toe recht aan' stoffenbalans zonder rekening te houden met retentieprocessen etc. Het gaat hierbij vooral om de verhouding van de mogelijke invloed van de Oostvaardersplassen ten opzichte van AWZI's. Uitgaande van gemiddelde concentraties is het aandeel van de Oostvaardersplassen lager: voor P 9,1 % en voor N 0,65 %. Bij het maken van keuzes voor emissiereducerende maatregelen dient er dus met redelijke spreiding rekening te worden gehouden.

Er is echter een beperkte set van gegevens beschikbaar en het gaat om een sterk vereenvoudigde stoffenbalans. De waterkwaliteitgegevens van verschillende meetpunten verschillen erg in meetperioden en frequentie. Voor de uiteindelijke afweging van maatregelen is de inschatting in dit onderzoek te globaal.

Om P te reduceren in de afvoer kan een helofytenfilter een effectieve en passende maatregel zijn. Op basis van de concentratie van het maximale zomergemiddelde van P in 2003 van 1,21 mg/l en de MTR-norm als streefwaarde (rendement), is een oppervlakte nodig van ongeveer 75 hectare. De globale kosten bedragen 8,54 miljoen euro voor de aanleg en 75.000 euro aan jaarlijkse beheerkosten. Als men uit gaat van het (jaar)gemiddelde van 0,58 mg/l is een oppervlakte van ongeveer 30 ha nodig en kost de aanleg 3,4 miljoen en de jaarlijkse beheerskosten 36.000 euro.

Om de P vracht te reduceren kunnen ook effectgerichte maatregelen worden ingezet die gebruik maken van natuurlijke processen, zoals natuurlijker peilregime of maaien en afvoeren. Hiermee wordt de nutriëntenstroom dicht bij de bron aangepakt, waardoor de Oostvaardersplassen er zelf van profiteert. In de tweede plaats kan fosfaat gereduceerd worden met kunstmatige



maatregelen als defosfatering of fosfaatvastlegging. De kosten van deze maatregelen zullen lager zijn dan voor een helofytenfilter en de effectiviteit (en controleerbaarheid) hoger.

Aanbevelingen

Het is sterk aan te bevelen om te onderzoeken via welke bronnen nutriënten in het systeem komen. Waarschijnlijk vormen een combinatie van uitspoeling en nalevering uit de bodem, fecaliën van vogels en grote zoogdieren, en eventueel kwel de grootste bronnen van N en P.

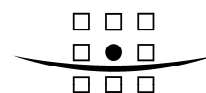
Daarnaast kan onderzoek naar de verwachte P (en N) vracht als gevolg van de nieuwe stuw (natuurlijker peilregime, meer berging) uitwijzen in hoeverre er nog P reducerende maatregelen nodig zijn. De invloed daarvan op biologische en biogeochemische processen kunnen een reducerend effect sorteren op nutriëntenbeschikbaarheid. Een nauwkeurigere stoffenbalans op basis van (geo)hydrologie, aanvullende informatie (o.a. Staatsbosbeheer) en eventueel extra waterkwaliteitgegevens kunnen meer duidelijkheid geven.

Op basis hiervan kunnen effectiever maatregelen worden afgestemd. Het heeft de voorkeur om maatregelen in te zetten, waar de Oostvaardersplassen ook baat bij hebben. Als het echt alleen gaat om een schonere afvoer is een helofytenfilter een passende maatregel in het landschap voor een gebied als de Oostvaardersplassen. Het is over het algemeen wel minder kostenefficiënt dan kunstmatigere zuiveringstechnieken.

De uiteindelijke inrichting en aanleg van een helofytenfilter moet worden aangepast aan specifieke omgevingseisen en zoveel mogelijk worden ingepast in het natuurlijke landschap. Door slimme inrichting op basis van voldoende gegevens kan het maximale resultaat worden gehaald in zuivering en landschap- en natuurwaarden.

Referenties

- Grontmij. 2006. Dimensionering stuwen Oostvaardersplassen, Ecozone en Wilgenbos. Projectnummer 212700.
- Witteveen en Bos. 2006. Inventarisatie mogelijke KRW consequenties voor de AWZI's in Zuiderzeeland. Project LLS498-1.
- Clevering O.A., W. van Dijk, R.L.M. Schils en H.A.E. de Werd. 2006. Maatregelenpakketten KRW-Flevoland, Kosteneffectiviteit van maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met N, P en carbendazim te verminderen. Praktijonderzoek Plan & Omgeving BV. Project 3250004-I.
- Witteveen en Bos. 2005. Natuurlijke achtergrondgehalten Flevoland, 3^e versie. Provincie Flevoland & waterschap Zuiderzeeland. Project LLS427-1.



Bijlage 1: Waterkwaliteitgegevens

De beschikbare gegevens komen uit verschillende bestanden:

PIVOT ovp1987-2006 meetwaarden+toetsresultaten.xls (meetwaarden: ruwe gegevens met meetwaarden, en toetswaarden: zomergemiddelden van ruwe gegevens)

Info2007-034 ovp 2000-2006.xls: meetpunten in zuidwestelijke afvoer en Lage Vaart

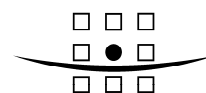
Tabel 1: Zomergemiddelden van N en P (mg/l) op meetpunten in de Oostvaardersplassen vanaf 2001.

	2001		2002		2003		2004		2005		2006	
Meetpunt	N mg/l	P mg/l	N mg/l	P mg/l	N mg/l	P mg/l	N mg/l	P mg/l	N mg/l	P mg/l	N mg/l	P mg/l
00042	5,22	0,60										
00053											1,85	0,35
00054							1,62	0,16	3,91	0,21	2,57	0,23
00059	9,21	1,20									6,30	0,88
00713	1,76	0,27	1,86	0,32	1,29	0,32						
00835					1,39	1,21						
00881							1,39	0,10				
00895							1,89	0,13				
AWZI Almere*									3,20	0,32		
AWZI Lelystad*									1,82	3,10		

*: Uit Witteveen en Bos (2006)

Tabel 2: N en P winter- en zomergemiddelden en de MTR toetsing van zomergemiddelde van de meetpunten in de zuid-oost afvoer van de Oostvaardersplassen en vlakbij in de Lage Vaart.

Meetpunt	Parameter	Seizoen	Jaar	Gemiddelde (mg/l)	MTR (mg/l)	Overschrijding
00835	N	Winter*	1999	1,47		
		Zomer	1999	2,03	2,20	0,17
	P	Winter	2003	1,58		
		Zomer	2003	1,39	2,20	0,81
		Winter*	1999	0,25		
		Zomer*	1999	0,63	0,15	-0,48
00928	N	Winter	2007	1,92		
		Zomer	2007	1,94	2,20	0,26
		Winter	2007	0,20		
00929	P	Zomer	2007	0,43	0,15	-0,275
		Winter	2007	1,84		
		Zomer	2007	1,72	2,20	0,48
00009	N	Winter	2007	0,30		
		Zomer	2007	0,67	0,15	-0,52
		Winter	2000	7,37		
		Winter	2001	5,90		
	N	Winter	2002	6,94		
	N	Winter	2003	4,24		
	N	Winter	2004	8,11		



ROYAL HASKONING

	N	Winter	2005	4,28		
	N	Winter	2006	4,80		
	N	Winter	2007	8,83		
	P	Winter	2000	0,28		
	P	Winter	2001	0,19		
	P	Winter	2002	0,36		
	P	Winter	2003	0,28		
	P	Winter	2004	0,23		
	P	Winter	2005	0,27		
	P	Winter	2006	0,22		
	P	Winter	2007	0,18		
	N	Zomer	2000	3,58	2,20	-1,38
	N	Zomer	2001	3,39	2,20	-1,19
	N	Zomer	2002	3,95	2,20	-1,75
	N	Zomer	2003	2,58	2,20	-0,38
	N	Zomer	2004	2,65	2,20	-0,45
	N	Zomer	2005	3,15	2,20	-0,95
	N	Zomer	2006	3,00	2,20	-0,80
	P	Zomer	2000	0,34	0,15	-0,19
	P	Zomer	2001	0,28	0,15	-0,13
	P	Zomer	2002	0,39	0,15	-0,24
	P	Zomer	2003	0,33	0,15	-0,18
	P	Zomer	2004	0,30	0,15	-0,15
	P	Zomer	2005	0,31	0,15	-0,16
	P	Zomer	2006	0,27	0,15	-0,12

* Deze waarden zijn gebaseerd op één waarneming