

PRAKTIJKONDERZOEK MOERASSYSTEEM RWZI LAND VAN CUIJK



RAPPORT

2004

45

ISBN 90.5773.295.5



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 62 30 500 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

UITGAVE STOWA, 2004 UTRECHT

PROJECTLEIDER

Ir. R.M. van den Boomen

PROJECTDIRECTEUR

Ir. Th.G.J. Witjes

DRUK

Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA

Rapportnummer 2004-45
ISBN 90-5773.295.5

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

TEN GELEIDE

Waterschap Aa en Maas wil bij de RWZI “land van Cuijk” in droge periodes een deel van het effluent van de zuivering in het achterliggende gebied (de Laarakkerse Waterleiding) inlaten om verdroging te voorkomen. Het achterliggende gebied heeft zowel een agrarische- als natuurfunctie en is ecologisch gevoelig. Hoewel de verbouwing van de RWZI heeft geleid tot een aanzienlijke verbetering van de effluentkwaliteit, wilde het waterschap toch streven naar een nog betere en natuurlijkere waterkwaliteit. Om deze kwaliteit te bereiken wordt een gedeelte van het effluent van de nieuwe zuivering daarom geloosd op een moeras-systeem. Vanuit dit systeem wordt een deel van het water afgevoerd naar de Laarakkerse Waterleiding. Het resterende water wordt op de Maas geloosd.

De monitoring van dit systeem door Waterschap Aa en Maas (eerder Waterschap de Maas-kant) is in samenwerking met de STOWA en in de beginfase ook met de GTD Oost-Brabant opgezet. Het project is uitgevoerd door o.a. Rob van den Boomen (Witteveen en Bos) en begeleid door o.a. Victor Claessen en Koos Beurskens (Waterschap Aa en Maas), Ruud Kampf (hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) en Bert Palsma (STOWA).

De behoefte aan een meer “natuurlijke” waterkwaliteit van het effluent leeft op veel plaatsen in Nederland. Deze natuurlijkere waterkwaliteit wordt bereikt door een verdere reductie van de P en N gehalten, een natuurlijke zuurstofdynamiek en de aanwezigheid en diversiteit van gebiedseigen waterorganismen. Wij hopen met deze rapportage bij te dragen aan een verbreding van de mogelijkheden om effluent lokaal als oppervlaktewater in te zetten.

Utrecht, februari 2005

De directeur van de STOWA

Ir. J.M.J. Leenen

PRAKTIJKONDERZOEK MOERASSYSTEEM RWZI LAND VAN CUIJK

INHOUD

STOWA IN HET KORT

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Inrichting van het zuiveringssysteem	2
1.3	Werking van het moerassysteem	4
2	RESULTATEN MONITORING	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Het functioneren van het systeem	7
	2.2.1 Waterkwantiteit	7
	2.2.2 Waterkwaliteit/ chemie	9
	2.2.3 Waterkwaliteit/ ecologie	16
	2.2.4 Waterbodem/ sediment	18

2.3	De invloed op de omgeving	18
	2.3.1 Waterkwaliteit van de Laarakkerse Waterleiding	18
	2.3.2 Grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit	21
2.4	Het beheer en onderhoud	23
3	TENSLOTTE	25
3.1	Conclusies	25
	3.1.1 Onderzoeksdoelen	25
	3.1.2 Leerpunten	26
3.2	Vervolgonderzoek	27
3.3	Tussen waterketen en watersysteem	28
4	LITERATUUR	29
BIJLAGE I	BESLISBOOM BEHEER MOERASSYSTEEM	

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Waterschap de Maaskant heeft in 1999 zijn rioolwaterzuivering Land van Cuijk uitgebreid. Hydraulisch is de capaciteit bijna verdubbeld. De biologische capaciteit is vergroot van 150.000 i.e. tot 175.000 i.e. In het oorspronkelijke tweetrapsstelsel lag de nadruk op CZV verwijdering. Nu voldoet de zuivering aan de strengste eisen voor stikstof en fosfaatverwijdering volgens de AMvB Stedelijk Afvalwater.

In droge periodes wordt een deel van het effluent van de zuivering in het achterliggende gebied (de Laarakkerse Waterleiding) ingelaten om verdroging te voorkomen. Het achterliggende gebied heeft zowel een agrarische- als natuurfunctie en is ecologisch gevoelig. Hoewel de verbouwing van de RWZI heeft geleid tot een aanzienlijke verbetering van de effluentkwaliteit, wilde het waterschap toch streven naar een nog betere en natuurlijkere waterkwaliteit. Om deze kwaliteit te bereiken wordt een gedeelte van het effluent van de nieuwe zuivering daarom geloosd op een moerassysteem. Vanuit dit systeem wordt een deel van het water afgevoerd naar de Laarakkerse Waterleiding. Het resterende water wordt op de Maas geloosd.

Het moerassysteem heeft de functie om een waterkwantiteit en waterkwaliteit te genereren die voldoet aan de wensen vanuit de Laarakkerse waterleiding. Een voldoende aanvoercapaciteit in geval van waterbehoefte en vooral een meer “natuurlijke” waterkwaliteit van het effluent, uitgedrukt in een verdere reductie van de P en N gehalten, een natuurlijke zuurstofdynamiek en de aanwezigheid en diversiteit van gebiedseigen waterorganismen. Mede uit financieel oogpunt (beschikbaarheid van eigen grond en lage kosten voor aanleg) is besloten een natuurlijk zuiveringsmoeras aan te leggen met sloten en vijvers.

Na realisatie van het moerassysteem is een driejarig monitoringonderzoek opgestart (sept. 2000 tot okt. 2003). Het doel van de monitoring van het moerassysteem Land van Cuijk kan het beste worden getypeerd als ‘kijken hoe het gaat’. Dit doel slaat op drie onderdelen:

1. het functioneren van het moerassysteem;
2. de invloed van het systeem op de omgeving;
3. het beheer van het systeem.

Het was bij dit onderzoek nadrukkelijk niet de bedoeling om nieuwe wetenschappelijke kennis te vergaren, maar om de reeds opgedane wetenschappelijke kennis (vooral uit het onderzoek naar de werking van het helofytensysteem bij Eversteekoo, Texel, lit.1.) toe te passen op een groter systeem.

Gezien de opschaling en praktische toepassing van wetenschappelijk vooronderzoek heeft de STOWA (ook financieel) geparticipeerd in dit project. Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft geparticipeerd vanuit haar kennis van dit soort systemen en het opbouwen van ervaring in grootschalige toepassing ervan.

Onderliggende rapportage is een samenvatting van de resultaten van het monitoringproject. Van de 3 monitoringjaren zijn afzonderlijke rapportages beschikbaar bij de STOWA en bij het Waterschap Aa en Maas waarin de meetresultaten meer in detail zijn weergegeven.

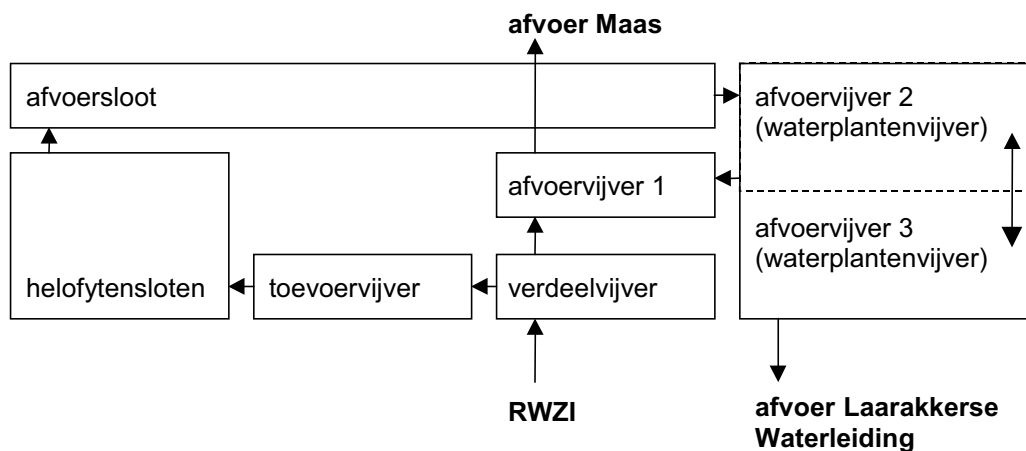
1.2 INRICHTING VAN HET ZUIVERINGSSYSTEEM

Het moerassysteem van Land van Cuijk is een laagbelast horizontaal doorstroomd moeras-systeem van 3,85 ha groot. Het moerassysteem van Land van Cuijk is opgebouwd uit een toevoervijver, een serie parallelle helofytensloten, een afvoersloot en waterplantenvijvers (afvoervijver 2 + 3). Afbeelding 1.1 is een luchtfoto waarop de verschillende componenten zijn aangegeven.

AFBEELDING 1.1 LUCHTFOTO MOERASSYSTEEM LAND VAN CUIJK (FOTO: WATERSCHAP DE MAASKANT)



AFBEELDING 1.2 SCHEMATISCHE WEERGAVE MOERASSYSTEEM



Schematisch is het moerassysteem weergegeven in afbeelding 1.2. Daarin is te zien dat het effluent uit de nabezinktank (NBT) in de verdeelvijver komt. Via een duiker kan een deel van het water naar de toevoervijver worden afgevoerd om daarna door de helofytensloten te stromen. Een ander deel gaat vanuit de verdeelvijver over een aantal kantelstuwen (zie afbeelding 1.3) naar afvoervijver 1 van waaruit het water naar de Maas wordt afgevoerd. Het debiet naar de toevoervijver (en dus het moerassysteem) wordt zo goed mogelijk constant gehouden door deze kantelstuwen en een debietregistratie in de duiker tussen verdeelvijver en toevoervijver.

Pieken in de afvoer van de RWZI worden daarbij afgelaten naar afvoervijver 1.

AFBEELDING 1.3 KANTELSTUWEN VOOR AFLAAT VAN PIEKEN IN EFFLUENT NAAR DE MAAS



Vanuit de toevoervijver wordt het water gelijk verdeeld over de helofytensloten, die met duikers met deze vijver in verbinding staan. Het peil in de helofytensloten wordt geregeld met stuwen aan het eind van elke helofytensloot. Na zuivering in de helofytensloten komt het water in de afvoersloot terecht, die afwatert op afvoervijver 2. Afvoervijver 2 en 3 staan in open verbinding met elkaar, zijn ondiep en bevatten waterplanten. Het water uit afvoervijver 3 wordt via een stuw afgelaten naar de Laarakkerse Waterleiding. Het te veel aan water stroomt via een overstortdrempel van afvoervijver 2 naar afvoervijver 1 en van daaruit wordt dit water naar de Maas afgelaten.

Bij de aanleg zijn de 6 lange en 2 korte helofytensloten (zo'n 200 meter lang, 13 meter breed en ca. 0,5 m diep) ingeplant met riet. De vijvers voor waterplanten (afvoervijver 2 en 3) zijn samen zo'n bijna 1 hectare groot (280 m lang, 25-40 m breed). Deze afvoervijvers zijn iets dieper dan de helofytensloten (gemiddeld 1m).

Het moerassysteem bij de RWZI land van Cuijk is een opschaling van het systeem bij Eversteekoo op Texel. Onderstaande tabel geeft enkele vergelijkende parameters. In afbeelding 1.4 is een luchtfoto van het moerassysteem bij Eversteekoo weergegeven. De waterplanten bevinden zich bij Eversteekoo in de sloten, na het deel met helofyten (bij Eversteekoo zowel riet als lisdodde).

TABEL 1.1

ENKELE KARAKTERISTIEKEN MOERASSYSTEMEN EVERSTEKOOG EN LAND VAN CUIJK

	EversteKoog	Land van Cuijk
oppervlakte (ha)	1,3	3,9
hydraulische belasting (m ³ /d)	3500	8650
hydraulische belasting (mm/d)	269	221

AFBEELDING 1.4

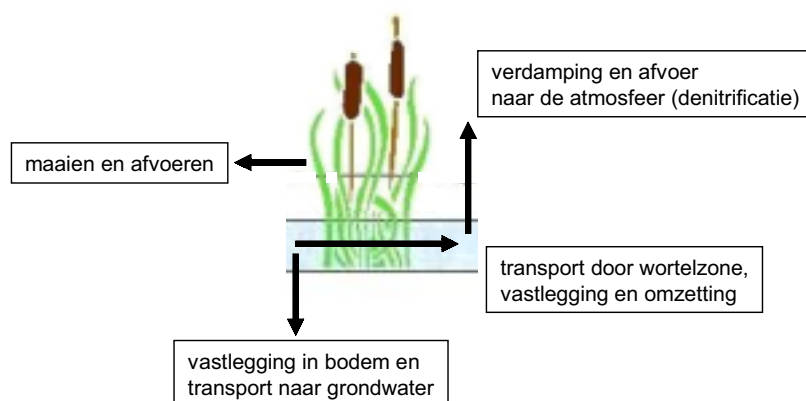
MOERASSYSTEEM EVERSTEKOOG: DE BASIS VOOR HET ONTWERP VAN HET MOERASSYSTEEM BIJ RWZI LAND VAN CUIJK (FOTO: S. SMIT, TEXEL)



1.3 WERKING VAN HET MOERASSYSTEEM

Een horizontaal doorstroomd helofyten c.q. moerassysteem is een systeem van sloten en/of vijvers waarbij het (afval)water de waterkolom in horizontale richting doorstroomt. Tijdens dit transport door de waterfase worden pieken opgevangen en afgevlakt en treden omzettingprocessen op. De aanwezige moerasplanten zoals riet, versterken de natuurlijke zuiveringscapaciteit van het water door het invangen van zwevende stof, het beïnvloeden van de zuurstofhuishouding, het plaats bieden als substraat en schuilplaats aan flora en fauna, et cetera. Er vindt geen bodempassage plaats zoals bij een verticaal doorstroom helofyten-systeem. In afbeelding 1.5 is een schematische weergave opgenomen van een horizontaal systeem.

AFBEELDING 1.5 PRINCIPE VAN EEN HORIZONTAAL DOORSTROOMD HELOFYTENFILTER



In de helofytensloten vindt sedimentatie, en flocculatie van zwevend materiaal plaats. Op de rietstengels en -wortels worden biofilms gevormd waar afbraak plaats vindt. Daarnaast vinden in de wortelzone allerlei omzettingsprocessen plaats. Door de verschillende processen in de helofytensloten vindt reductie plaats van de gehalten totaal-N, totaal-P, CZV en zwevend stof.

Vooral in de toevoervijver en aan het begin van de helofytensloten grazen de watervlooien op het resterende actief slib in het effluent. Dit is een eerste stap in de verandering van de samenstelling van het zwevende stof tijdens de passage van het effluent door het moerassysteem. Door de filterende werking van de helofytensloten verdwijnt er nog meer actief slib uit het water. Daarna krijgt het zwevende materiaal een natuurlijker karakter door resten van riet en waterplanten. In afbeelding 1.6 is het wortelsysteem van een rietplant weergegeven, een natuurlijke zeef voor het afvangen van zwevende stof uit het water.

Zoals uit de bevindingen bij Eversteekooog bleek heeft de filterende werking van de vegetatie ook een effect op desinfectie van het effluent. Watervlooien in de toevoervijver kunnen door predatie ook een handje helpen. Het effect van UV/zonlicht speelt een belangrijkere rol bij toename van de verblijftijd.

AFBEELDING 1.6 HET WORTELSYSTEEM VAN EEN RIETPLANT



In de afvoervijvers 2 en 3 is de reductie van de nutriëntengehalten minder sterk. Deze vijvers zorgen door de aanwezigheid van waterplanten vooral voor het herstel van de natuurlijke zuurstofdynamiek. Door allerlei afbraakprocessen in de helofytensloten heeft het uitstromende water een laag zuurstofgehalte gekregen. De aanwezigheid van ondergedoken waterplanten in de vijvers zorgt voor het terugbrengen van een natuurlijke dag-nachtritme in het zuurstofgehalte. Afbeelding 1.7 geeft een aanblik van één van de waterplantenvijvers tijdens de opname van de aanwezige vegetatie.

AFBEELDING 1.7 VEGETATIE IN WATERPLANTENVIJVERS



Door de bijdrage van de waterplanten aan de toename van de zuurstofgehalten zijn de afvoervijvers 2 en 3 een belangrijke laatste stap als waterbuffer tussen de RWZI en de Laarakkerse Waterleiding. Ook de verdeelvijver, de toevoervijver en de afvoersloot, die met 2 meter een stuk dieper zijn dan de helofytensloten of de afvoervijvers, zorgen voor een waterbuffer waarin een meer natuurlijk water wordt gecreëerd.

2

RESULTATEN MONITORING

2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt in afzonderlijke paragrafen ingegaan op de drie onderdelen van het monitoringdoel:

- het functioneren van het systeem;
- de beïnvloeding van de omgeving en,
- het beheer en onderhoud.

2.2 HET FUNCTIONEREN VAN HET SYSTEEM

Bij het beoordelen van het functioneren van het systeem is onderscheid gemaakt in de 4 aspecten:

- waterkwantiteit;
- waterkwaliteit / chemie;
- waterkwaliteit / ecologie en,
- waterbodem / sediment.

Deze worden achtereenvolgens toegelicht.

2.2.1 WATERKWANTITEIT

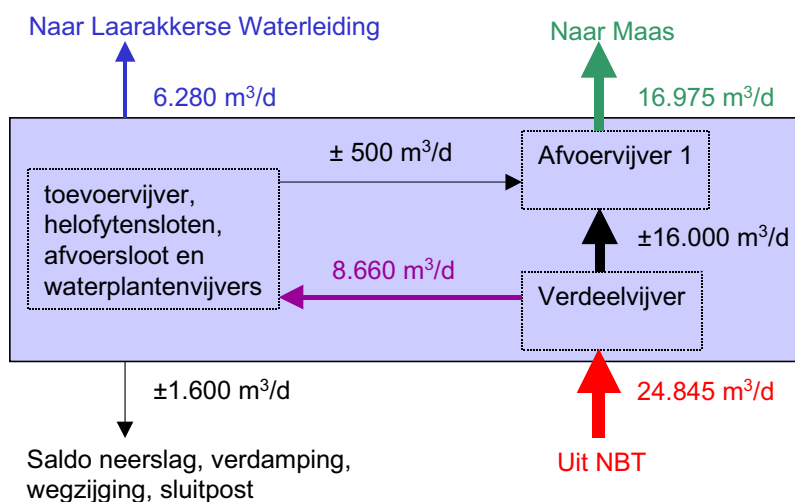
Bij het bekijken van de hydraulische belasting en het zuiveringsvermogen van het moeras-systeem, moet onderscheid worden gemaakt in een lange waterstroom via de verdeelsloot, de helofytensloten, de afvoersloot en de afvoervijvers 2 en 3 met waterplanten enerzijds en een korte waterstroom via de verdeelvijver, direct naar de afvoervijver 1 en verder naar de Maas. In de lange route (met een verblijftijd van ca. 4 tot 6 dagen) kunnen allerlei processen een rol spelen. In de korte route, met een verblijftijd van enkele uren, is dit beperkt.

Voor het moerassysteem is op basis van metingen van de verschillende waterstromen inzicht verkregen in de grootte van de verschillende waterstromen. Het optimaliseren van de hydraulische belasting van de helofytensloten en het zo nu en dan dicht zetten van de afvoer naar de Laarakkerse waterleiding (mond- en klauwzeer, te natte periode et cetera), maken de vergelijking van de verschillende onderzoeksjaren echter niet eenduidig. Algemeen kan worden gesteld dat de hydraulische belasting van het moerassysteem voornamelijk door het water uit de NBT wordt veroorzaakt (ca 99,5 % in zomer en winter) en dat de neerslag minder dan 0,5 % van de waterbalans bedraagt. Van het water dat wordt afgelaten uit de RWZI gaat zo'n 20% gezuiverd naar de Laarakkerse Waterleiding. Dit is in de loop der jaren toegenomen van 15 naar 25% in de (droge) zomer van 2003. De toename wordt in belangrijke mate veroorzaakt door het optimaliseren van de hydraulische belasting van het moerassysteem.

Van het water dat daadwerkelijk door de helofytensloten en de waterplantenvijvers is gevoerd is in de loop der jaren van 30% (in 2000) tot circa 70% (in 2003) naar de Laarakkerse Waterleiding afgevoerd. De rest van het extra gezuiverde water is voor een deel afgevoerd naar de Maas. Daarnaast is wegzijging een belangrijke verliespost voor het water dat door de helofytensloten wordt gevoerd.

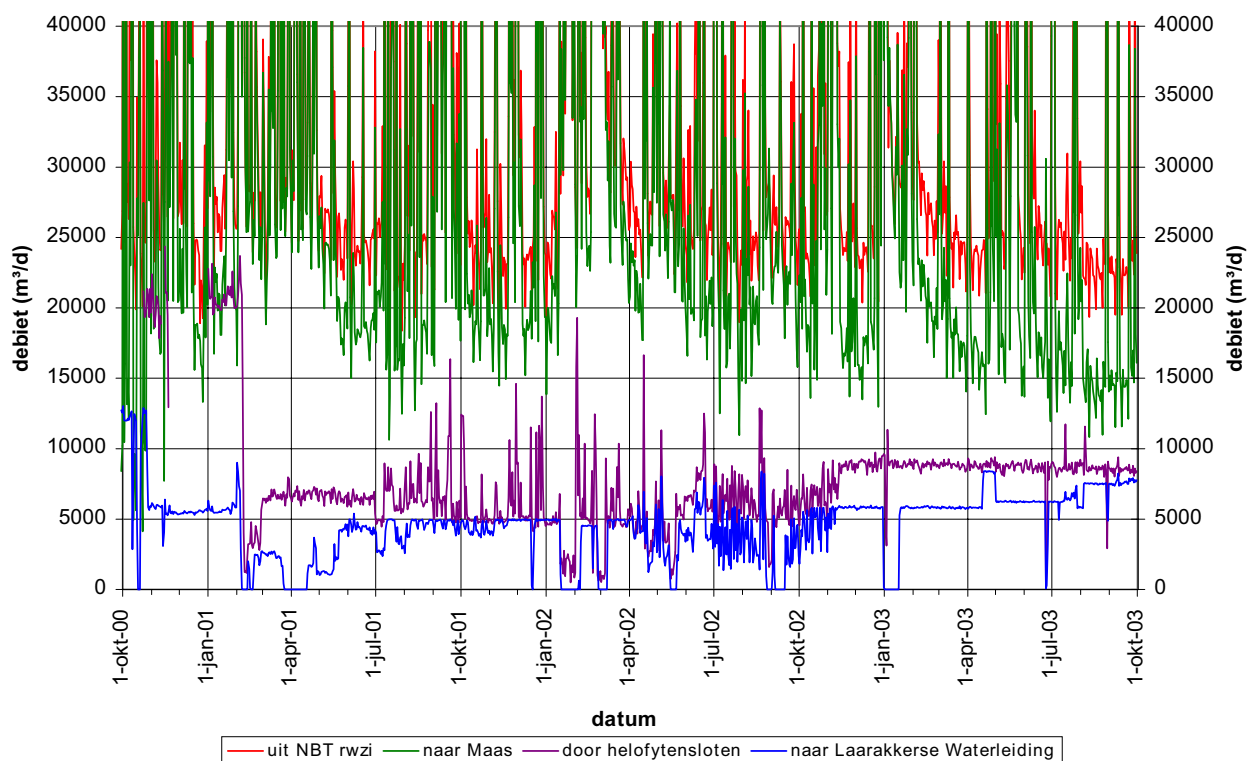
De wegzijging is voor het gehele moerassysteem zo'n 2 tot 10%, maar specifiek voor de helofytensloten is dit wel 10 tot 30%. In de droge zomer van 2003 wordt door extra lage grondwaterstanden in de omgeving, de genoemde maximale bijdrage van wegzijging bereikt. De wegzijging wordt veroorzaakt doordat de waterstand in het moerassysteem kunstmatig hoger wordt gehouden dan de grondwaterstanden in de omgeving. Een van de uitgangspunten bij het ontwerp was dat wegzijging zou afnemen door het dichtslibben van de waterbodem. De dikte van de waterbodem is echter nog niet duidelijk toegenomen. In afbeelding 2.1 is een grafische weergave gegeven van de voornaamste balansposten in de zomer van 2003.

AFBEELDING 2.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE WATERBALANSPOSTEN MOERASSYSTEEM (ZOMER 2003)



Deze waterbalansen over langere perioden zijn opgesteld op basis van meetgegevens per dag. In afbeelding 2.2 is de dynamiek van de voornaamste waterbalansposten in de tijd weergegeven.

AFBEELDING 2.2 VERLOOP DEBIETEN IN DE TIJD UIT DE NBT, NAAR DE MAAS, DOOR DE HELOFYTENSLOTEN EN NAAR DE LAARAKKERSE WATERLEIDING



Uitgangspunt (en doel) van het onderhavige ontwerp was een optimaal zuiveringsrendement. Dit is te bereiken door een optimale en zo constant mogelijke belasting van de helofytensloten en waterplantenvijvers. Door een debietsturing op het aangevoerde effluent uit de NBT kan een constante waterstroom naar de helofytensloten worden bereikt. Bij het ontwerp was gehoopt dat de gehele basiseffluentafvoer van de RWZI (ca 20.000 m³/d) door de helofytensloten en waterplantenvijvers kon worden doorgevoerd. Uit de eerste analysere resultaten van de winter van 2000/2001 bleek het systeem bij deze 835 m³/u toch te sterk overbelast waarna is gekozen voor een belasting waarbij een beter zuiveringsrendement kon worden verwacht. Uit de ervaringen met het moerassysteem van Eversteekoog bleek dat voor een optimale zuivering de verblijftijd niet korter moet worden dan 4 dagen. Het debiet door de helofytensloten is toen teruggebracht naar zo'n 200 m³/u waarbij aanzienlijk betere zuiveringsrendementen werden bereikt.

In de loop van de monitoring bleek echter de vraag naar water vanuit de Laarakkerse Waterleiding toch groter dan de gezuiverde 200 m³/u. Deze watervraag is seizoensafhankelijk. Begin 2003 is het debiet opgevoerd naar 400 m³/u, later is dit weer teruggebracht naar zo'n 350-370 m³/u. Dit komt goed overeen met een belasting van zo'n 250 mm/d (omgerekend zo'n 400 m³/u bij een oppervlak van 3,85 hectare water) die ook bij het moerassysteem van Eversteekoog op Texel nog goede zuiveringsresultaten liet zien. Met de buitendienst van het waterschap is afgesproken dat zij, binnen de beschikbare 0 tot ca. 370 m³/u, zelf naar behoefte de watertoevoer naar de Laarakkerse Waterleiding kunnen regelen. Het overschot gaat dan terug naar de Maas.

Ook uit tabel 2.1 blijkt de hoge belasting van de helofytensloten in de winter van 2000-2001 en de onderbelasting van de sloten in 2001-2002. Voor het zomerhalfjaar is de periode van 1 april tot 1 september gebruikt, voor het winterhalfjaar 1 september tot 1 april.

TABEL 2.1 HYDRAULISCHE BELASTING HELOFYTENSLOTEN IN 2001-2003

	2000-2001		2001-2002		2002- 2003	
	winter	zomer	winter	zomer	winter	Zomer
debiet door helofytensloten (m3/d)	14.157	6.677	5.962	6.115	8.760	8.660
verblijftijd (dagen)	2,5	5,2	5,9	5,7	4,0	4,0
belasting (mm/d)	364	172	153	157	225	223

2.2.2 WATERKWALITEIT/ CHEMIE

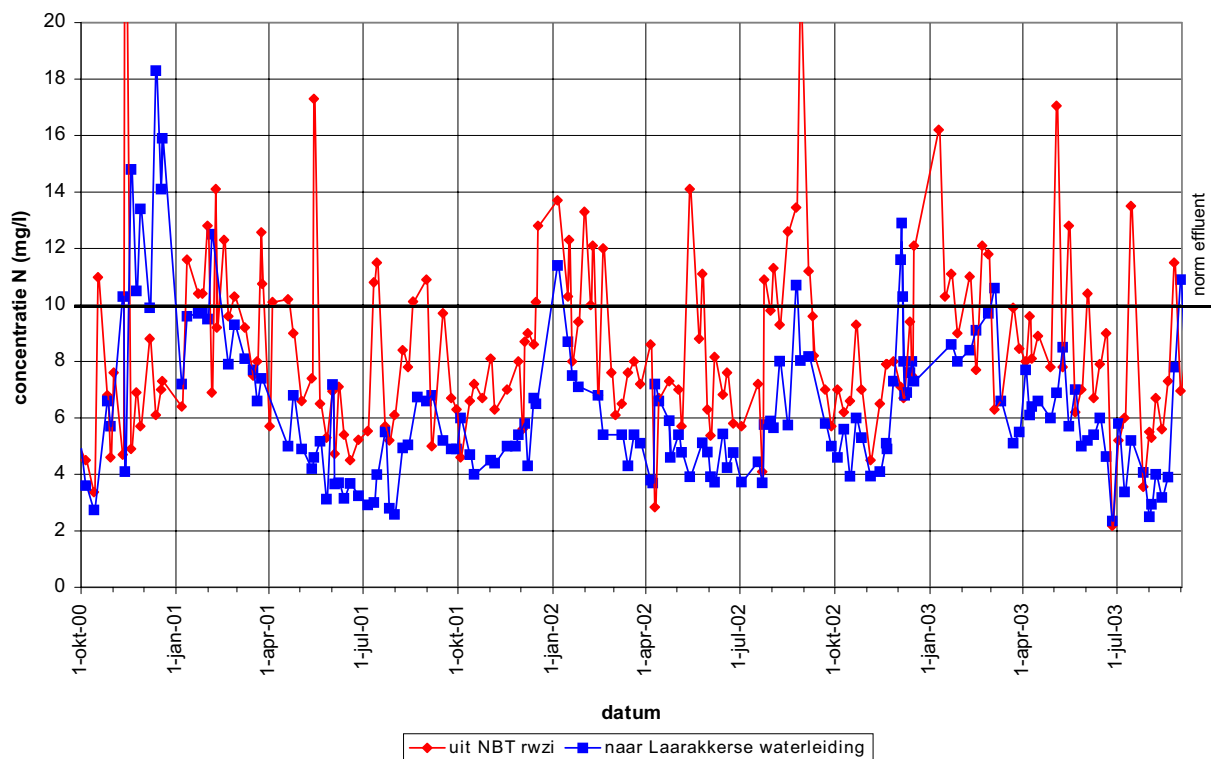
Om de verbetering van de waterkwaliteit te volgen zijn gedurende de drie monitoringsjaren diverse waterkwaliteitsvariabelen gevolgd, zowel fysisch-chemische als ecologische. In de eerste winter heeft daarbij het bemonsteringsapparaat bij de aflat naar de Laarakkerse Waterleiding niet op de juiste diepte gezeten. De gehalten op die locatie zijn (mede) daarvoor structureel vrij hoog. Deze eerste winter is daarom niet in beschouwing genomen.

Bij de bespreking van de verbetering van de waterkwaliteit wordt wederom een vergelijking gemaakt met het moerassysteem van Eversteekooog. De verschillen voor enkele fysisch-chemische parameters tussen Land van Cuijk en Eversteekooog zijn opgenomen in tabel 2.2.

TABEL 2.2 VERGELIJKING EFFLUENTKWALITEIT RWZI EVERSTEKOOOG EN LAND VAN CUIJK (MEDIANE WAARDEN)

parameter (mg/l)	Eversteekooog	Land van Cuijk
totaal-N	7,4	4,5
totaal-P	0,51	0,85
CZV	49	33
zwevend stof	5	<5

Voor stikstof (N_{totaal}) is in alle drie de jaren een duidelijk zuiveringsrendement waarneembaar. De concentraties liggen in het naar de Laarakkerse Waterleiding afgelaten water duidelijk lager dan in het effluent uit de nabezinktank (zie afbeelding 2.3) en deze verschillen zijn significant (Mann-Whitney-toets).

AFBEELDING 2.3 VERLOOP N_{TOTAAL} CONCENTRATIES IN DE TIJD IN HET EFFLUENT VAN DE RWZI EN IN HET AFGELATEN WATER NAAR DE LAARAKKERSE WATERLEIDING

Vanaf de zomer van 2001 werd een rendement van zo'n 25-30% bereikt. In de winter van 2002-2003 zakte dit rendement naar 8% om in de zomer van 2003 op zo'n 20% uit te komen. Het iets lagere zuiveringsrendement van eind 2002 tot en met de zomer van 2003 is wellicht het gevolg van een iets zwaardere hydraulische belasting in het 3^e monitoringjaar. Ook bij de zuiveringsrendementen berekend op basis van vrachten, resulteert de toename in de hydraulische belasting (van 250 naar 360 m³/u) in een afname van de rendementen (van 40 naar 30%). De rendementen en mediane concentraties voor totaal-N zijn opgenomen in tabel 2.3. De gevonden zuiveringsrendementen voor N zijn daarmee vergelijkbaar met de laagste of lager dan zuiveringsrendementen van 26-67% die bij Eversteekooij voor stikstof zijn gevonden.

TABEL 2.3 MEDIANE CONCENTRATIES (MG N/L) EN VERWIJDERINGSPERCENTAGES OP BASIS VAN DEZE CONCENTRATIES (%) IN ZOMER- EN WINTERPERIODEN VOOR DE VERSCHILLENDE MONITORINGJAREN VOOR TOTAAL-N

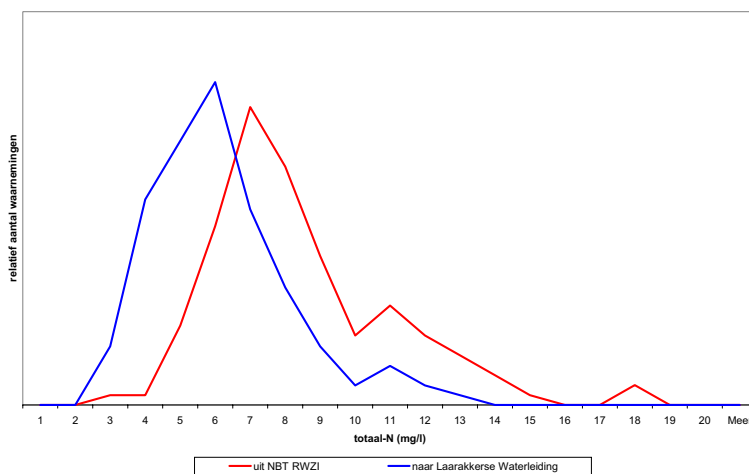
parameter/locatie	2000-2001		2001-2002		2002-2003	
	winter*	zomer	winter	zomer	winter	Zomer
Ntot NBT	7,6	6,7	7,8	7,3	7,9	7,6
Ntot LW	9,6	4,9	5,4	5,0	7,3	6,0
verwijdering Ntot	-26%	27%	31%	32%	8%	21%
Ntot einde helofytensloten	-	-	-	5,6	6,2	5,7

* meetwaarden onbetrouwbaar omdat monsteraapparaat LW op verkeerde diepte zat

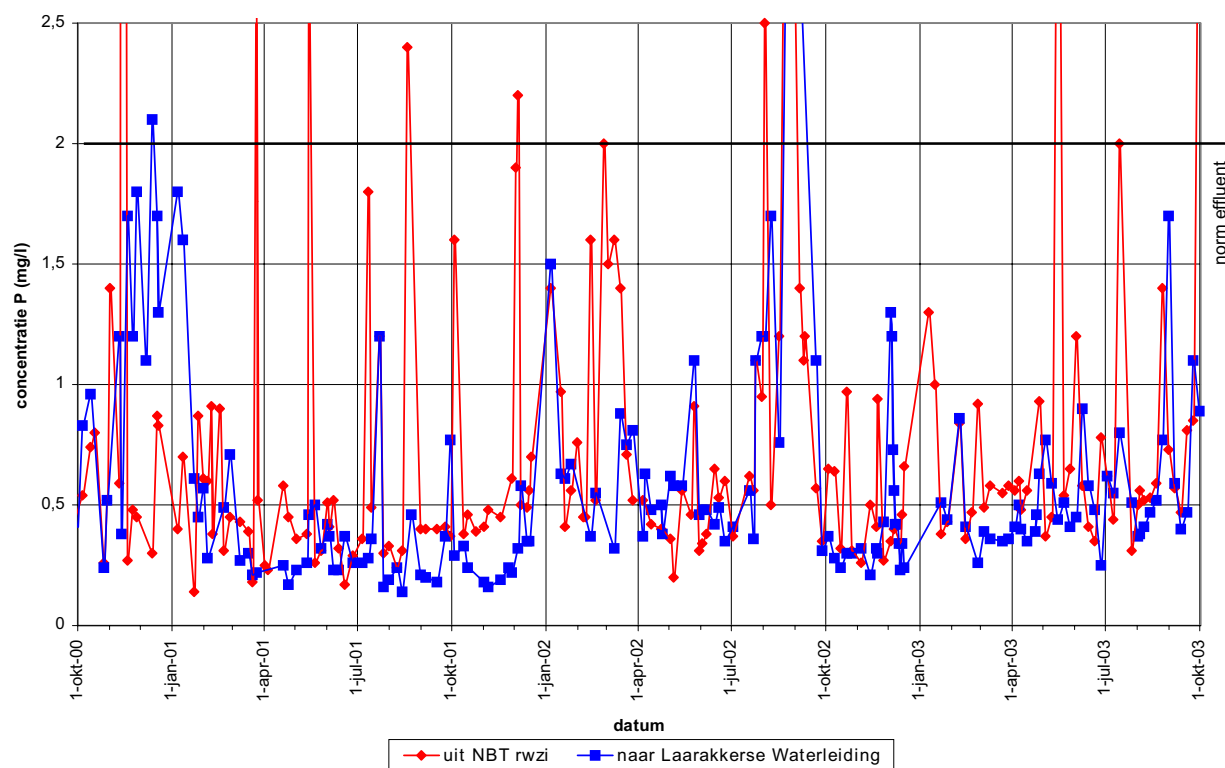
Bij de passage van het effluent door het moerassysteem wordt niet alleen de concentratie in het effluent verlaagd, maar de pieken in de concentraties worden ook afgevlakt. Dit wordt geïllustreerd door afbeelding 2.4 waarin het relatieve aantal metingen is weergegeven per

range van concentraties. In deze afbeelding is te zien dat de range van concentraties waarvoor de meeste metingen zijn bij de aflat naar de Laarakkerse Waterleiding ten opzichte van de nabezinktank opschuift naar een lagere range. Daarnaast komen er bij de metingen van het naar de Laarakkerse Waterleiding afgelaten water minder extreme waarden voor (staart grafiek is minder lang en top is hoger: dus meer waarnemingen in minder ranges). In afbeelding 2.3 zijn voor de NBT overigens alleen de extreme waarden weergegeven waar de helofytensloten daadwerkelijk mee zijn belast: de perioden dat de toevoer naar de helofytensloten is dichtgezet, zijn buiten beschouwing gelaten.

AFBEELDING 2.4 AFVLAKKING PIEKEN DOOR MOERASSYSTEEM



Voor fosfaat (P_{totaal}) bleek het zuiveringsrendement op 20-40% te liggen. Voor P lijkt de toename van de hydraulische belasting niet tot een afname van het rendement, op basis van vrucht is er zelfs een toename waarneembaar. De zuiveringsrendementen zijn overigens duidelijk hoger dan de 8-11% die bij Eversteekooog zijn gevonden. Het verschil tussen de gemeten concentraties voor P_{totaal} in het naar de Laarakkerse Waterleiding afgelaten water en in het effluent van de NBT is significant.

AFBEELDING 2.5 VERLOOP P_{TOTAAL} CONCENTRATIES IN DE TIJD IN HET EFFLUENT VAN DE RWZI EN IN HET AFGELATEN WATER NAAR DE LAARAKKERSE WATERLEIDING

TABEL 2.4 MEDIANE CONCENTRATIES (MG P/L) EN VERWIJDERINGSPERCENTAGES (%) IN ZOMER- EN WINTERPERIODEN VOOR DE VERSCHILLENDE MONITORINGSJAREN VOOR TOTAAL-P

parameter/ locatie	2000-2001		2001-2002		2002-2003	
	winter*	zomer	winter	zomer	winter	Zomer
Ptot NBT	0,53	0,40	0,54	0,53	0,47	0,57
Ptot LW	0,77	0,26	0,34	0,53	0,36	0,43
verwijdering Ptot	-45%	35%	37%	0%	23%	25%
Ptot einde helofytensloten	-	-	-	0,41	0,40	0,46

* meetwaarden onbetrouwbaar omdat monsteraapparaat LW op verkeerde diepte zat

Uit metingen in 2003 net benedenstrooms de helofytensloten mag voorzichtig worden geconcludeerd dat de meeste P en N reeds in de helofytensloten wordt verwijderd en dus niet (meer) in de waterplantenvijvers. Uit onderzoek naar vrachten moet daarbij worden geconcludeerd dat maar een beperkte hoeveelheid nutriënten in het riet zelf gaat zitten (1-3%). Zo'n 10-20% van de belasting verdwijnt via wegzijging naar de waterbodem en het grondwater. In het grondwater worden overigens geen verhoogde concentraties van nutriënten en metalen gevonden, waardoor de meeste nutriënten toch in de waterbodem en de groei van bacteriemateriaal, epifitische diatomeeën et cetera zullen worden vastgelegd. Een groot gedeelte van het stikstof verdwijnt als stikstofgas (denitrificatie).

Voor CZV (Chemisch Zuurstof Verbruik) en zwevende stof vinden ook duidelijke afnamen plaats. Voor CZV komen in de loop der jaren verwijderingsrendementen van 5 tot 20% voor, met een lichte afname in 2003. Voor zwevende stof is de spreiding tussen de jaren en de seizoenen groter, van 0 tot 80% met een gemiddeld verwijderingsrendement van 40%.

TABEL 2.5 MEDIANE CONCENTRATIES (MG/L) EN VERWIJDERINGSPERCENTAGES (%) IN ZOMER- EN WINTERPERIODEN VOOR DE VERSCHILLENDE MONITORINGJAREN VOOR CZV EN ZWEVEND STOF

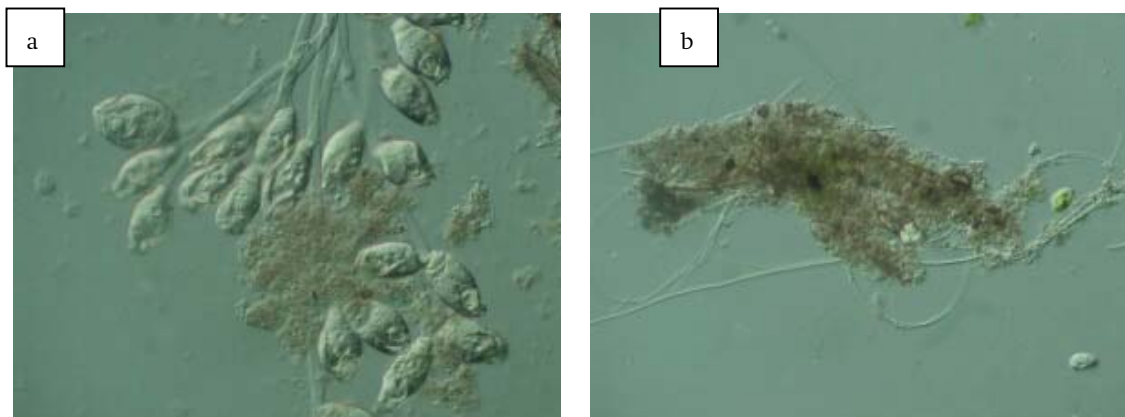
parameter/ locatie	2000-2001		2001-2002		2002-2003	
	winter*	zomer	winter	zomer	winter	Zomer
CZV NBT	40	46	46	51	53	47
CZV LW	43	44	36	46	45	43
verwijdering CZV	-7%	4%	22%	10%	14%	9%
CZV einde helofytensloten				48	47	42
zwevend stof NBT	10	6	5	6	5	**
zwevend stof LW	14	5	1	3	2	**
verwijdering zwevend stof	-40%	17%	78%	50%	60%	**
zs. einde helofytensloten				3	2	**

* meetwaarden onbetrouwbaar omdat monsterapparaat LW op verkeerde diepte zat

** = door verandering van detectielimiet naar 4 ug/l is deze analyse niet representatief.

Het zwevende stof is na passage van de helofytensloten duidelijk van samenstelling veranderd. Uit de nabezinktank komt vooral actief slib met bacteriën terwijl er in de waterplantenvijvers vooral plantenresten en (draad)algen voorkomen. In afbeelding 2.6a en 2.6b zijn hiervan microscopische foto's weergegeven. Deze verandering van het zwevend materiaal is ook bij het moerassysteem van Eversteekoog gevonden en wordt daar de 'zwevend stof paradox' genoemd: Ogenscheinlijk nam daar het zwevend stofgehalte toe, maar de samenstelling was wel ingrijpend veranderd (Schreijer en Kampf, 2000).

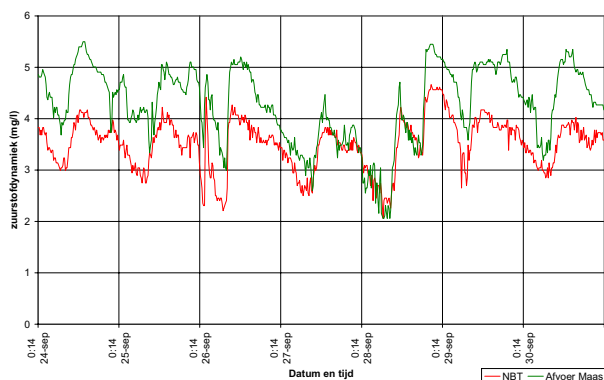
AFBEELDING 2.6 MICROSCOPISCHE FOTO'S VAN EFFLUENT UIT DE NBT (A) EN OPPERVLAKTEWATER IN DE WATERPLANTENVIJVERS (B)
(FOTO'S: HOOGHEEMRAADSCHAP HOLLANDS NOORDERKWARTIER: A. KREIKE)



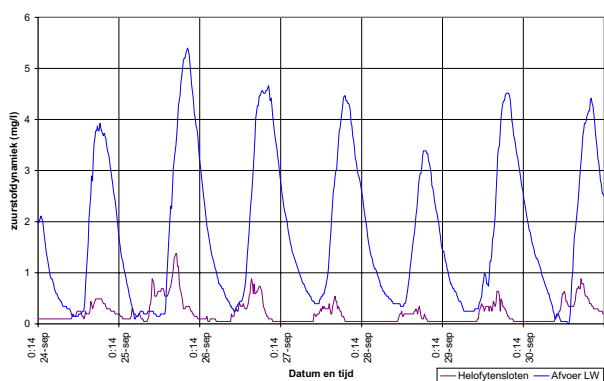
Naast reductie van nutriëntengehalten is het terugbrengen van een meer natuurlijke zuurstofdynamiek een belangrijke functie van het moerassysteem. In de loop der jaren is de monitoring hier meer specifiek op gericht (in 2001 en 2002 slechts incidenteel, in 2003 een uitgebreide meetcampagne). Er blijkt een duidelijke afname van het zuurstofgehalte en de dynamiek te signaleren bij het doorlopen van de helofytensloten. In deze ondiepe sloten daalt het zuurstofgehalte door oxidatieprocessen sterk. De (waterplanten)vijvers brengen de natuurlijke dag-nacht-ritmiek echter goed terug (zie afbeelding 2.7). Ook in de zomer van 2003, waarin de waterplanten maar beperkt en langzaam opkwamen, wordt toch “natuurlijk” water gecreëerd.

Specifieke metingen tussen en buiten het bereik van waterplanten geven een duidelijke verhoging van de zuurstofgehalten aan in de waterplantenomgeving. Ook op basis van de meetgegevens van Eversteekooog blijkt dat hogere zuurstofgehalten mogelijk zijn als er veel waterplanten zijn. Een maximale begroeiing met waterplanten in de ondiepe vijvers is om die reden gewenst. Overmatige kroosvorming is daarbij onwenselijk want dit kan de ontwikkeling van waterplanten belemmeren en er kan onder het kroosdek juist weer zuurstofloosheid ontstaan.

AFBEELDING 2.7 ZUURSTOFDYNAMIEK IN DE VERSCHILLENDE COMPARTIMENTEN OP EEN AANTAL ZOMERSE DAGEN



a) nabezinktank (NBT) en afvoer Maas



b) helofytensloten en afvoer Laarakkerse Waterleiding

2.2.3 WATERKWALITEIT/ ECOLOGIE

Door de aanleg van het moerassysteem is het terrein van de RWZI Land van Cuijk een stuk 'levendiger' geworden. Door de aanwezigheid van riet en open water met waterplanten hebben veel watervogels het terrein als broed- en verblijfplaats uitgekozen. Een zwaan vond de helofytensloten door het riet de perfecte plek om een enorm nest te bouwen. Nesten van andere watervogels zijn minder prominent aanwezig, maar bij een wandeling langs de sloten laat menig vogel zich opschrikken. Tussen de verschrikte eenden en meerkoetjes door is af en toe een kikker te horen. De aanwezige watervogels doen zich op het terrein zelf tegoed aan de aanwezige waterplanten. Het moerassysteem is daarmee in ieder geval een stukje natuur geworden.

De waterplanten in de afvoervijvers hebben zich echter niet volgens verwachting ontwikkeld. In de eerste twee jaar werden afvoervijver 2 en 3 vroeg in het voorjaar door grote hoeveelheden kroos overwoekerd. In de toevoervijver en afvoervijver ontwikkelden de waterplanten zich wel. In het derde jaar bleef het kroos in afvoervijver 2 en 3 lange tijd uit, maar ook de ontwikkeling van de gewenste waterplanten kwamen pas laat op gang. De in 2003 gevonden waterplanten laten echter wel een verdere differentiatie zien, wat zeker een verbetering is.

De macrofaunasamenstelling van het moerassysteem is, zoals verwacht gezien de nutriëntenbelasting, vrij arm. Zoöplankton is vooral in de toevoervijver ruim aanwezig maar door het gebrek aan waterplanten (en dus beschutting) in de zomer van 2003 bleef het wat achter (zie afbeelding 2.8). Dit is erg jammer omdat, zoals bij Eversteekoog is gebleken, het zoöplankton een rol van betekenis speelt in de reductie van actief slib en bacteriën.

AFBEELDING 2.8 WOLK VAN ZOÖPLANKTON ROND EEN POL STERRENKROOS IN DE TOEVOERVIJVER



Uit een onderzoek naar de mogelijkheden van biomassakweek op RWZI-effluenten is gebleken dat watervlooien over het algemeen goed op effluent kunnen gedijen, ook bij Land van Cuijk (Foekema et al., 2003). Voor de kweek van algen is effluent over het algemeen niet zo geschikt, hoewel bij het effluent van Land van Cuijk nog wel enige (ten opzichte van de referentie sterk gereduceerde) groei is waargenomen. Bij een onderzoek naar de toxiciteit van het naar de Laarakkerse Waterleiding afgelaten water in 2001 is geen toxiciteit voor algen gevonden (Witteveen+Bos, 2002). In hoeverre het moerassysteem kan bijdragen aan reductie van toxiciteit voor algen is nog onduidelijk. De monsters voor de verschillende onderzoeken zijn op verschillende momenten genomen en bovendien is niet duidelijk waarom algen vaak zo slecht groeien op effluent.

De dichtheid van het riet heeft zich in de loop der jaren gestabiliseerd op zo'n 50-100 stengels/m². In het eerste jaar was dit nog zo'n 250 stengels/m², maar na het maaien in september 2001 is de dichtheid gehalveerd. Bij Eversteekoog is in de eerste jaren ook een halvering waargenomen, van circa 400 tot 500 stengels per m² in het eerste jaar naar een stabilisatie rond 200 stengels per m². Waarom de dichtheden bij Eversteekoog zoveel groter zijn, is niet duidelijk. Een duidelijk verschil is dat het riet bij Eversteekoog jaarlijks wordt gemaaid, terwijl dat bij land van Cuijk niet het geval was. In de loop van de zomer van 2003 is het riet plat gaan liggen, wat de aanleiding is geweest om het riet (na overleg met de leverancier)

toch jaarlijks te gaan maaien. De kwaliteit van het riet bij Land van Cuijk is goed, er is in de loop der jaren weinig ongedierte aangetroffen.

Vis is er in het moerassysteem van Land van Cuijk nauwelijks aangetroffen, met uitzondering van uitgezette giebels. Door de ligging en de stuw met de Laarakkerse Waterleiding is spontane introductie, in tegenstelling tot Eversteekoog, niet waarschijnlijk.

2.2.4 WATERBODEM/ SEDIMENT

De hoeveelheid slib fluctueert sterk, ook over de jaren heen. Dit is sterk locatieafhankelijk en door de beperkte monsternamen is geen harde uitspraak te doen. Er lijkt wel een beperkte slibophoping plaats te vinden, zowel in de toevoervijver (zo'n 15 cm in 3 jaar) als in het begin van de helofytensloten (zo'n 5 cm in 3 jaar). De kwaliteit van het slib lijkt in het derde meetjaar wel wat te verslechteren met betrekking tot koper en PAK. In het eerste en tweede meetjaar kwamen alleen klasse 0 bodems voor, in 2003 is een klasse 1 (zink) en een klasse 2 gevonden (toevoervijver, koper en PAK). Aan de concentraties minerale olie en EOX is te zien dat ophoping van verontreinigingen met de afstand afneemt: de concentraties zijn in het sediment van de toevoervijver steeds het hoogst, en het laagst aan het einde van de helofytensloten. De concentraties aan het begin van de sloten zit daar weer tussenin. Door de ophoping is een deel van deze verontreinigingen is niet geloosd op de omgeving.

2.3 DE INVLOED OP DE OMGEVING

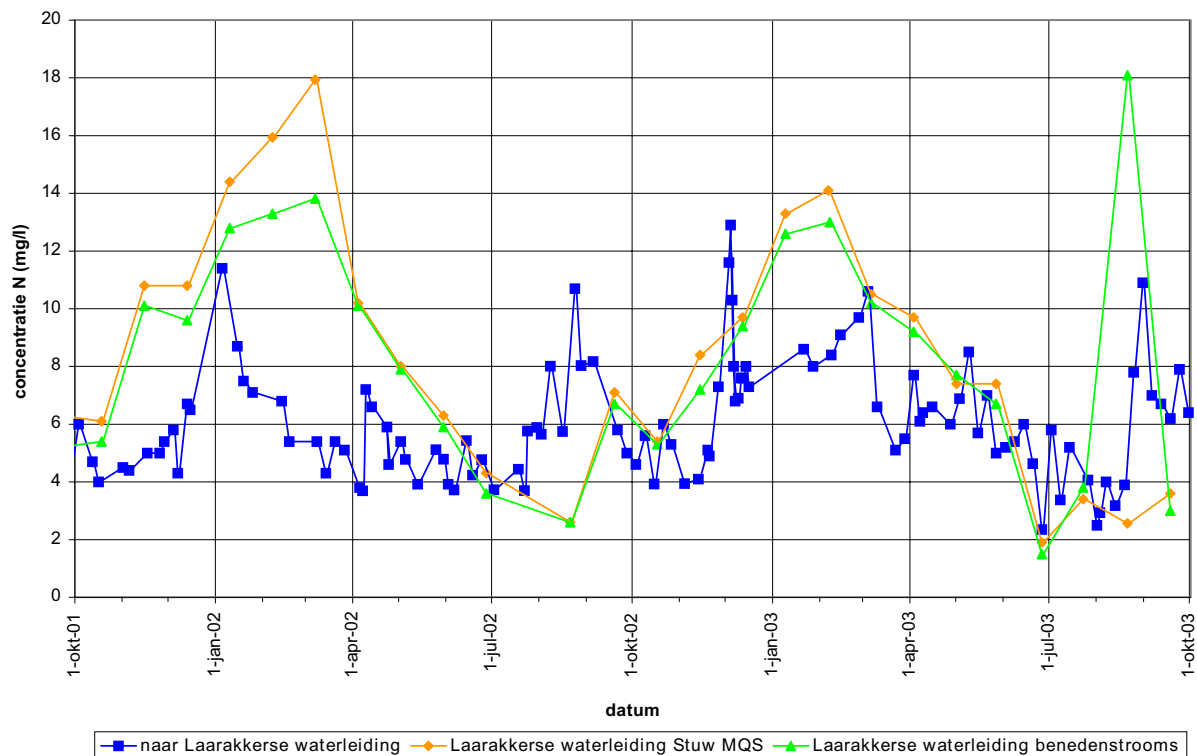
Bij de beïnvloeding van de omgeving is naar twee aspecten gekeken:

- de beïnvloeding van de waterkwaliteit van de Laarakkerse Waterleiding en,
- de beïnvloeding van de grondwaterstanden en de grondwaterkwaliteit.

2.3.1 WATERKWALITEIT VAN DE LAARAKKERSE WATERLEIDING

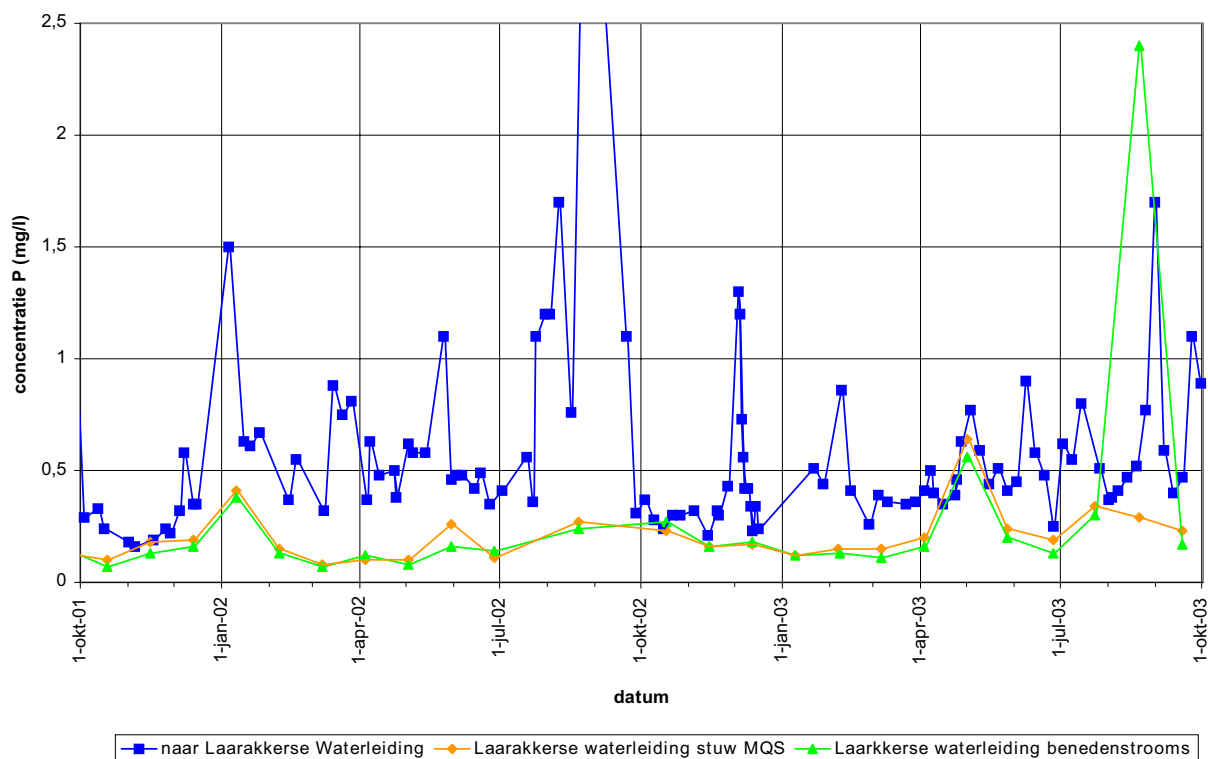
De stikstofconcentraties in de Laarakkerse Waterleiding zijn elk jaar in de winter en het voorjaar duidelijk hoger dan van het afgelaten water van het moerassysteem. In de zomer nemen de stikstofconcentraties in de Laarakkerse waterleiding sterk af, terwijl de concentraties in het afgelaten water minder sterk afnemen (zie afbeelding 2.9).

AFBEELDING 2.9 VERLOOP CONCENTRATIE N_{totaal} IN DE TIJD VAN HET AFGELATEN WATER EN TWEE LOCATIES IN DE LAARAKKERSE WATERLEIDING, EERST STUW MQS EN VERVOLGENS VERDER BENEDENSTROOMS)



De P_{totaal} gehalten in de Laarakkerse Waterleiding liggen daarentegen het hele jaar onder die van het afgelaten water. Uit enkele specifieke meetcampagnes kan worden geconcludeerd dat na samenkomst van de aflat van het moerassysteem met de Laarakkerse Waterleiding, de P_{totaal} -vracht voor 90-100% door het P_{totaal} uit het moerassysteem wordt bepaald. De aanwezigheid van voldoende vrije ijzer in het water legt naar verwachting het ortho-fosfaat snel vast want al snel benedenstrooms dalen de concentraties P_{totaal} sterk (zie afbeelding 2.10).

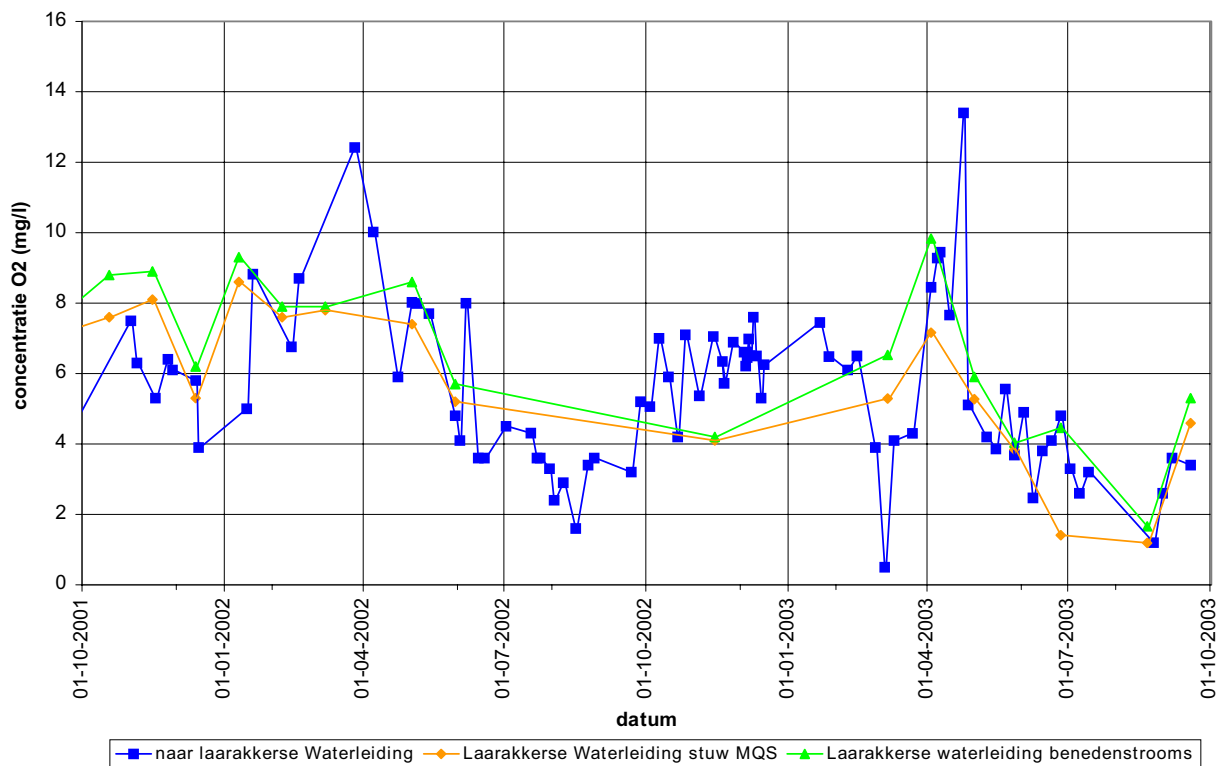
AFBEELDING 2.10 VERLOOP CONCENTRATIE P_{totaal} IN DE TIJD VAN HET AFGELATEN WATER EN TWEE LOCATIES IN DE LAARAKKERSE WATERLEIDING, EERST STUW MQS EN VERVOLGENS VERDER BENEDENSTROOMS)



De lichte toename van de P_{totaal} gehalten in de Laarakkerse waterleiding in 2003 kan wellicht zijn veroorzaakt door minder water (droge zomer van 2003) in combinatie met een grotere relatieve bijdrage van het afgelaten water van de RWZI (met hogere concentraties).

De zuurstofgehalten van de Laarakkerse waterleiding lijken een lichte verslechtering te laten zien in de loop van de afgelopen drie jaar (wellicht ook door de warme zomer van 2003) (zie afbeelding 2.11).

AFBEELDING 2.11 VERLOOP CONCENTRATIE O_2 IN DE TIJD VAN HET AFGELATEN WATER EN TWEE LOCATIES IN DE LAARAKKERSE WATERLEIDING, EERST STUW MQS EN VERVOLGENS VERDER BENEDENSTROOMS)

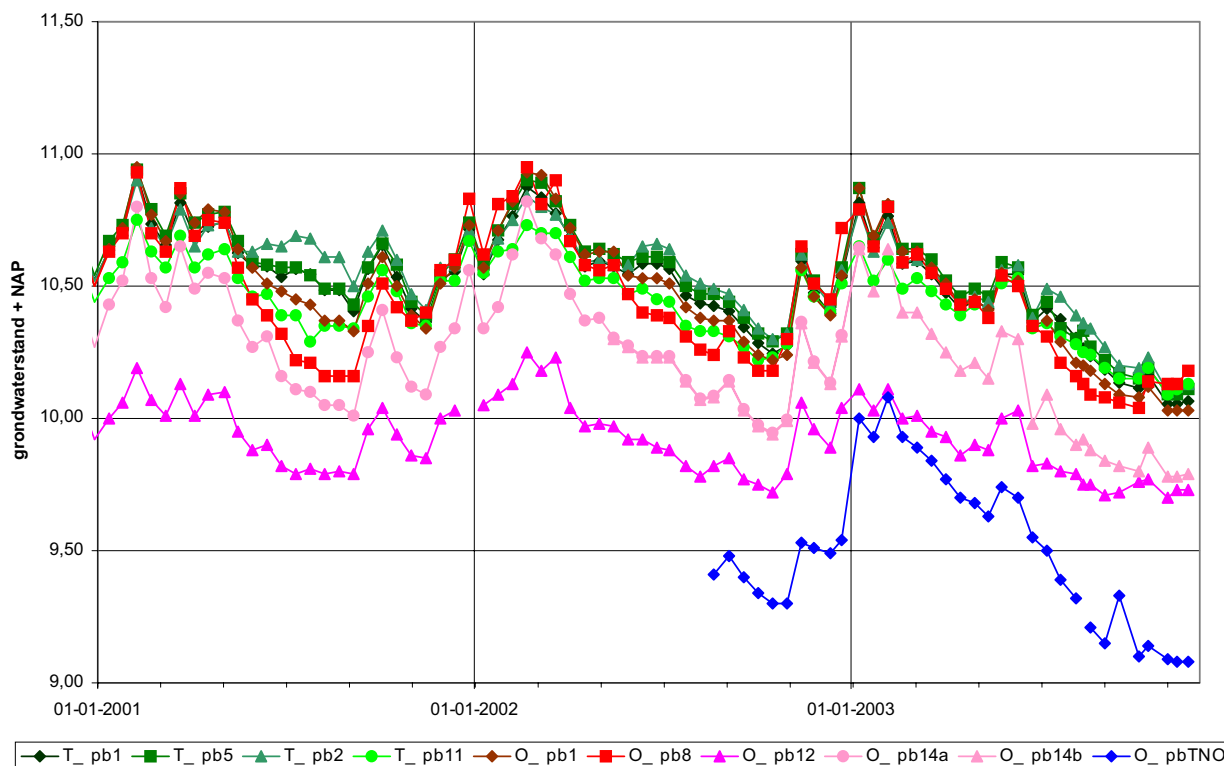


Hoeveelheden E.coli zijn alleen in de zomer van 2003 gemeten, waarbij in de Laarakkerse Waterleiding van april tot en met juli soms verhoogde aantallen zijn gevonden. De aantallen E.coli lagen met maximaal 6/ml veel lager dan de circa 30/ml die in het afgelaten water zijn gevonden. De gehalten van zware metalen in het afgelaten water liggen lager dan in bij de benedenstroomse meetpunten van de Laarakkerse Waterleiding.

2.3.2 GRONDWATERSTANDEN EN GRONDWATERKWALITEIT

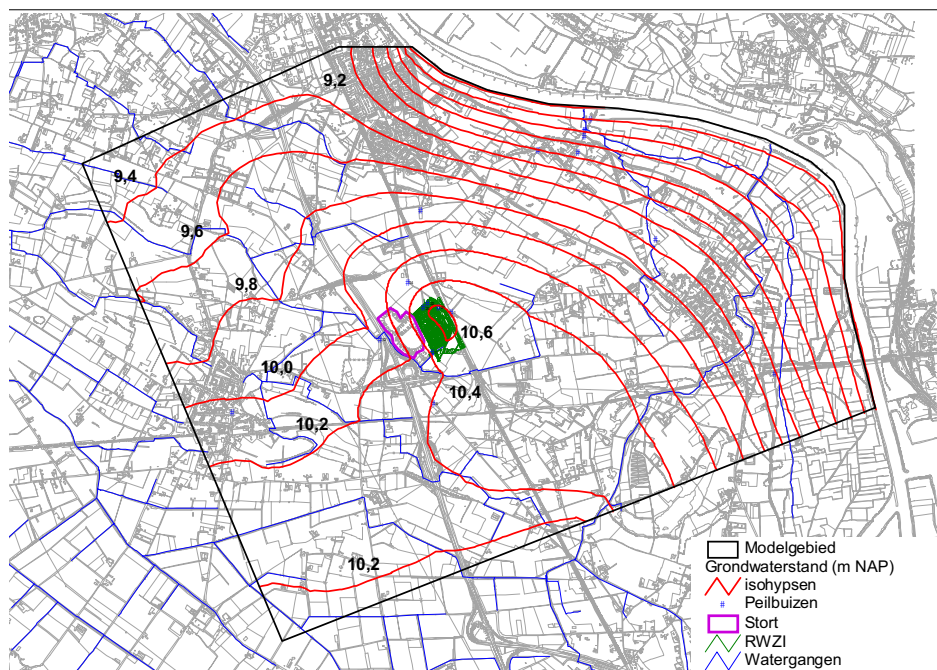
De grondwaterstanden in de peilbuizen op en rondom de RWZI en het moerassysteem vertonen een normale seizoensfluctuatie met hoge waarden in het voorjaar en lage waarden in de nazomer. 2003 lijkt een wat droger jaar / drogere zomer en de grondwaterstanden zijn dan ook iets lager dan in 2001 en 2002. In afbeelding 2.12 is deze seizoensfluctuatie goed te zien bij de verschillende peilbuizen op het terrein en in de omgeving van het moerassysteem. De bovenste lijnen zijn van peilbuizen direct rond het systeem, de onderste lijnen zijn van peilbuizen verder noordelijk, richting de Maas.

AFBEELDING 2.12 VERLOOP GRONDWATERSTANDEN IN DE OMGEVING VAN HET MOERASSYSTEEM



Door de aflaat van water naar de Laarakkerse Waterleiding kan de waterbehoefte in het stroomgebied worden aangevuld. Doordat het peil van de vijvers en sloten van het moeras-systeem hoger staat dan het grondwaterpeil in de omgeving zijgt er echter ook in een ande-re richting water weg. Uit een statistische analyse van de meetgegevens kon ten gevolge van de aanleg van het moerassysteem geen significante vernatting van de omgeving worden vastgesteld. Uit een computersimulatie komt echter wel een lokale vernatting naar voren. In afbeelding 2.13 is de locatie van de RWZI in het centrum aangegeven met het regionale grondwaterpatroon na aanleg van het moerassysteem.

AFBEELDING 2.12 ISOHYPSENPATROON REGIONALE GRONDWATERSYSTEEM NA AANLEG VAN HET MOERASSYSTEEM



Bij de monitoring van de grondwaterkwaliteit zijn buiten het terrein van de RWZI geen verhoogde gehalten gevonden die het gevolg kunnen zijn van wegzijgend water. Op het terrein zelf zijn, vooral in de zomer, verhoogde chloridgehalten gevonden die zijn veroorzaakt door wegzijging.

2.4 HET BEHEER EN ONDERHOUD

Na de aanplant heeft het riet zich zeer goed ontwikkeld. Na het eerste jaar is het riet gemaaid en verwijderd, juist in een natte periode waardoor de begaanbaarheid van het terrein niet optimaal was. Omdat met het verwijderen van het riet slechts weinig nutriënten worden afgevoerd is besloten het nu een aantal jaren te laten staan. Begin 2003 begon het riet weer goed maar het is in de zomer van 2003 grotendeels geknakt en ingezakt. Met de rietleverancier is besproken dat dit riet beter jaarlijks gemaaid kan worden, in januari / februari als het terrein goed begaanbaar is. Bij Eversteekooij is geëxperimenteerd met maaien in oktober omdat dan de nutriëntenverwijdering optimaal is. Geconcludeerd is echter dat het maaien het beste in de winter (jan/feb) kan plaatsvinden, omdat dan de vogels zijn verdwenen, het land goed begaanbaar is en met het maaien en afvoeren in oktober er maar zeer weinig nutriënten worden verwijderd.

De waterplanten in de afvoervijvers 2 en 3 zijn nog maar beperkt aangeslagen. Dat is niet vreemd in een nieuw aangelegd systeem. In plaats van waterplanten ontwikkelde zich echter een flinke laag flab (in het eerste jaar) en kroos. Het verwijderen van flab en kroos, om te voorkomen dat de groei van waterplanten werd geremd en zuurstofloosheid zou ontstaan, bleek een lastige klus. De lagen kroos en flab bleken vanaf de kant niet volledig is te verwijderen en de kanten waren bovendien niet altijd begaanbaar met het benodigde materieel. Bij een periode met regenval terwijl de stuw naar de Laarakkerse Waterleiding omhoog stond, bleek het kroos zich op te hopen in afvoervijver 1. Uit deze vijver was het kroos wel goed te verwijderen. Aanbeveling is om als zich een kroosdek dreigt te vormen, tot verwij-

dering over te gaan door bij regenweer en een omhoog staande stuw, het kroos zich te laten ophopen in afvoervijver 1.

De kantelstuwen zijn als sturing van de belasting van het helofytensysteem van groot belang. Door een defect was de variatie in de belasting van de helofytensloten tijdelijk erg groot. Na reparatie en opnieuw inregelen loopt het nu goed. Beheer en onderhoud van deze kantelstuwen en de aflatstuw naar de Laarakkerse Waterleiding zijn de voornaamste aspecten die regelmatige aandacht vragen.

Uit de monitoring is gebleken dat het moerassysteem een slibuitspoeling niet goed kan opvangen. Om te voorkomen dat een slibuitspoeling het moerassysteem ontregeld is besloten om de aanvoer dicht te zetten als er een zichtbare troebeling optreedt in het effluent van de RWZI.

Tijdens de monitoring is eveneens regelmatig een veldinspectie gehouden. Dit om het functioneren te volgen en in te kunnen grijpen bij calamiteiten. Vooral het functioneren van de stuwen en het ontstaan van kroos vraagt ook bij verder gebruik voor een regelmatige inspectie (eenmaal per week een veldronde). Voor het dagelijks beheer en onderhoud is naar aanleiding van de ervaringen een beslisboom opgesteld (zie bijlage !).

3

TENSLOTTE

3.1 CONCLUSIES

3.1.1 ONDERZOEKSDOELEN

Het moerassysteem dat als nazuivering van het effluent bij de RWZI Land van Cuijk is aangelegd functioneert goed. De pieken in het effluent voor de concentraties van verschillende parameters worden door het moerassysteem enigszins afgevlakt. Zo kan het achterliggende gebied van de Laarakkerse Waterleiding van voldoende water met een goede kwaliteit worden voorzien. Er kan een debiet van zo'n 250-300 m³/u door het moerassysteem worden gevoerd waarbij nog een acceptabel zuiveringsrendement optreedt. Voor N_{totaal} wordt een verwijderingsrendement van 10-30% bereikt, voor P_{totaal} van 20-40%, zowel op basis van concentraties als op basis van vrachten. De toename van de hydraulische belasting in het derde monitoring jaar had vooral voor stikstof een afname van het verwijderingsrendement tot gevolg.

De ontwikkeling van de waterplanten in de sloten en waterplantenvijvers valt tegen, maar is in de loop van de jaren wel verbeterd. Het nutriëntenrijke water zorgt in de waterplantenvijvers vooral voor de ontwikkeling van kroos en flab. Dit is ongewenst omdat kroos en flab de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten remt en zuurstofloosheid kan veroorzaken. Ondanks de sterke aanwezigheid van kroos zorgt het systeem van helofytensloten en waterplantenvijvers voor het aanbrengen van een natuurlijke zuurstofdynamiek (dag-nachtritme). Met meer waterplanten kunnen de zuurstofgehalten echter nog aanzienlijk toenemen. Naast een meer natuurlijke zuurstofdynamiek wordt ook het actief slib uit de zuiveringsinstallatie omgezet in zwevend materiaal van een meer natuurlijke samenstelling.

De waterbodem/sliblaag in het moerassysteem lijkt langzaamaan dikker te worden en iets meer metalen te bevatten. Deze verontreinigingen worden door het moerassysteem dus niet meer afgelaten naar het gebied.

Door aanleg van het systeem iets boven de gemiddelde grondwaterstand van de omgeving lijkt wel wegzijging op te treden maar uit statistische analyse van de grondwaterstanden in de omgeving is niet vast te stellen dat dit tot een significante vernatting heeft geleid. Ook uit de grondwaterkwaliteitsanalyse is geen negatieve beïnvloeding van het grondwatersysteem waarneembaar.

Het moerassysteem kan met de huidige inrichting goed operationeel worden beheerd. Op basis van de ervaringen tijdens de monitoring is een beslisboom opgesteld op basis waarvan het operationele debiet en het beheer en onderhoud kan worden aangestuurd.

Gezien het doel van de monitoring, het 'kijken hoe het gaat', is gebleken dat met betrekking tot:

- het functioneren van het systeem:
 - het moerassysteem N en P zuivert, CZV- en zwevend stof gehalten reduceert en pieken in effluentconcentraties afvlakt;
 - het moerassysteem zuurstofdynamiek terugbrengt in het water ondanks de tegenvalende ontwikkeling van de waterplanten;
- de beïnvloeding van de omgeving:
 - door wegzijging in de omgeving vernatting kan optreden hoewel dit statistisch niet is aangetoond;
- het beheer van het systeem:
 - het moerassysteem met de huidige inrichting goed operationeel beheerd kan worden.

3.1.2 LEERPUNTEN

Bij de monitoring van het moerassysteem Land van Cuijk was het nadrukkelijk niet de bedoeling om nieuwe wetenschappelijke kennis te vergaren, zoals bijvoorbeeld bij de monitoring van Eversteekooi wel is gedaan. Het monitoringsprogramma is daarop afgestemd. Maar het is daarom bijvoorbeeld niet mogelijk om de verschillende processen en het relatieve belang ervan in dezelfde mate van detail te beschrijven zoals bij Eversteekooi is gebeurd. Wel hebben we kunnen kijken hoe het gaat, en kunnen zien dat de concentraties van verschillende parameters worden gereduceerd en pieken worden afgevlakt. Door het aangepaste meetprogramma voor de WVO, is aanvullend duidelijk geworden in welke mate die reductie in de helofytensloten plaats vindt en wat de afvoervijvers 2 en 3 vervolgens nog aan die reductie bijdragen.

Door een apart meetprogramma is vooral het laatste monitoringjaar inzicht ontstaan in het effect van verschillende onderdelen van het moerassysteem op de zuurstofdynamiek. Dit meetprogramma onderstreept het belang van de aanwezigheid van waterplanten in de afvoervijvers (2+3). Waarom de ontwikkeling van waterplanten achter bleef, en vooral in 2003, is op basis van de monitoringresultaten niet te zeggen. Wellicht was met een uitgebreidere of intensievere screening op stoffen een reden gevonden dat de ecologische ontwikkeling in 2003 pas zo laat op gang kwam. Voor de waterplantenontwikkeling in het algemeen kan de rol van de aanwezige vogels door predatie bepalend zijn. In het geval van afvoervijver 1 en de toevoervijver kan ook de toegenomen dikte van de sliblaag de waterplantengroei belemmeren.

Pas in de loop van het monitoringonderzoek is, mede naar aanleiding van het functioneren van het moerassysteem, een nadrukkelijke keuze gemaakt voor de instelling van de hydraulische belasting. Er is toen gekozen voor een optimale instelling waarbij zoveel mogelijk kon worden voldaan aan de watervraag uit het gebied en een zo hoog mogelijk zuiveringsrendement. Daarmee is ook de keuze gemaakt om de helofytensloten niet met extreme pieken te belasten, omdat het zuiveringsrendement daar te sterk onder leek te lijden. Met die keuzes waren de monitoringresultaten van de verschillende perioden goed vergelijkbaar. Er is daarmee echter geen inzicht verkregen in het functioneren van het systeem bij een andere belasting, bijvoorbeeld bij een hogere hydraulische belasting of wanneer het moerassysteem wel met extreme pieken wordt belast. Het is dus belangrijk om het monitoringdoel duidelijk af te spreken en de instellingen daarop af te stemmen.

Maar ook 'al doende leert men' is duidelijk van toepassing geweest. Zo bleek het erg moeilijk om de afvoervijvers 2 en 3 vrij te houden van kroos en flab. Maar tijdens een regenbui dreef het allemaal naar afvoervijver 1 omdat de stuw naar de Laarakkerse Waterleiding dicht stond. En vanuit die vijver bleek het een stuk eenvoudiger om het kroos te verwijderen. Deze situatie is in het vervolg na te bootsen voor kroosverwijdering. Maar wellicht is er nog andere oplossingen om het kroos kwijt te raken, bijvoorbeeld door verhoging van de duiker tussen afvoervijver 3 en de stuw.

Resumerend kunnen de volgende aanbevelingen voor beheer en onderhoud worden gesteld (zie ook de beslisboom beheer moerassysteem in de bijlage bij deze rapportage:

- de hydraulische belasting van de helofytensloten en waterplantenvijvers dient rond de 250 m³/u te bedragen;
- pieken dienen te worden afgevoerd naar afvoervijver 1;
- het riet dient jaarlijks te worden gemaaid in de winter (jan/feb);
- bij extreme kroosvorming dient dit verwijderd te worden;
- het aanslaan van ondergedoken waterplanten in de afvoervijvers dient jaarlijks in de gaten te worden gehouden en evt. versterkt door nieuwe aanvoer;
- de monitoring voor de WvO en de Wm dienen voortgezet te worden;

3.2 VERVOLGONDERZOEK

Vervolgmonitoring is noodzakelijk voor de Wet milieubeheer (mogelijke beïnvloeding van de omgeving) en voor het vaststellen van de beïnvloeding van de Laarakkerse Waterleiding. Dit laatste moet worden gezien in een op te stellen watersysteemanalyse van het stroomgebied van de Laarakkerse Waterleiding op basis waarvan de aflaat van het water uit het moerassysteem zou kunnen worden gestuurd.

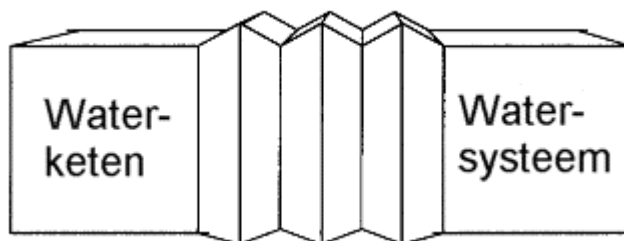
Verdere (wetenschappelijke) uitdagingen liggen in het vaststellen van de effecten van een meer dynamische belasting van dit soort moerassystemen (kan zo'n systeem ook juist pieken opvangen en wat is het gevolg voor het zuiveringsrendement). Daarnaast is niet duidelijk wat moerassystemen kunnen bijdragen in de verwijdering van milieuvreemde stoffen als hormonen en bestrijdingsmiddelen. Aansluitend bij het onderzoek naar de geschiktheid van effluent voor biomassakweek kan worden nagegaan in hoeverre het moerassysteem de toxiciteit voor algen reduceert. In de tussentijd heeft het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, in nauwe samenwerking met het Wetterskip Fryslân, TNO-MEP en de vrije universiteit onderzoek uitgevoerd naar ecotoxicologische effecten in effluenten. Een deel hiervan was gefinancierd door STOWA (lit. 5). Dit heeft plaatsgevonden op de RWZI's van Den Helder (studie van ecotoxicologische effecten van het effluent van de rwzi op mesocosmos schaal (bakken)) en op die van Eversteekooij (studie naar van kweek van watervlooien in bakken en vijvers (Kwekelbaarsjesproject)). Het lijkt wenselijk om de resultaten te toetsen aan het afvalwater van de RWZI Land van Cuijk.

Tot slot is het wenselijk meer inzicht te krijgen in de beheersbaarheid van ongewenste flab en/of kroosgroei. Daarnaast maakt het voorkomen van onder andere vogels en amfibieën nieuwsgierig naar de ecologische betekenis van het moerassysteem voor deze groepen.

3.3 TUSSEN WATERKETEN EN WATERSYSTEEM

Ook uit dit onderzoek is gebleken dat een moerassysteem een betere overgang vormt tussen RWZI en watersysteem. Ecologisch gezien is het moerassysteem Land van Cuijk misschien niet een locatie om lyrisch van te worden: er zijn nauwelijks waterplanten (laat staan bijzondere soorten) en de macrofaunasamenstelling indiceert overduidelijk een zeer eutroof systeem. Maar niettemin is het ook zeker geen effluent meer: de aard van het zwevend materiaal is ingrijpend veranderd en er is een natuurlijke zuurstofdynamiek. Het moerassysteem Land van Cuijk past dan ook uitstekend binnen het concept van de Waterharmonica (zie afbeelding 3.1 en lit. 6). Omdat het geen effluent meer is, is het ecologisch beter inpasbaar en komt daarmee beter tegemoet aan de eisen vanuit de Kaderrichtlijn Water.

AFBEELDING 3.1 ILLUSTRATIE VAN HET CONCEPT 'WATERHARMONICA'



De overgang tussen moerassysteem en watersysteem is bij Land van Cuijk verre van vloeiend, aangezien tussen de Laarakkerse Waterleiding en het moerassysteem een stuw ligt die nodig is voor het afstemmen van de afluut van water aan de behoefte van het gebied. Illustratief is wel dat de grens tussen waterketen en watersysteem voor de WVO niet eenvoudig te kiezen bleek. Uiteindelijk is ervoor gekozen om het einde van de helofytensloten als 'lozingspunt' te bestempelen. De afvoervijvers 2 en 3 zijn daarmee impliciet bestempeld als oppervlaktewater. Dat betekent ook dat het beheer en onderhoud van de kantelstuwen en de helofytensloten bij de zuiveringstechnische afdeling van het waterschap behoort, terwijl het beheer en onderhoud van de afvoersloot en de afvoervijvers 1 en 2 en de afluutstuw naar de Laarakkerse waterleiding bij de afdeling waterbeheer hoort. Zowel dus hydraulisch als wat betreft vegetatieontwikkeling, maaibeheer et cetera. Afgesproken kan natuurlijk worden dat de afdeling waterbeheer ook het beheer en onderhoud van de helofytensloten voert namens de afdeling zuiveringsbeheer.

De inzet van een moerassysteem voor omvorming van effluent in ecologisch beter inpasbaar water brengt natuurlijk wel kosten met zich mee. De aanleg van het moerassysteem heeft globaal EUR 600.000,- gekost. Met beheer en onderhoud zijn op jaarbasis globaal EUR 15.000,- à EUR 20.000,- gemoeid. Aan monitoring is de afgelopen drie jaar gemiddeld EUR 65.000,- per jaar uitgegeven. De baten zijn echter niet in bedragen uit te drukken: voldoende water (met een betere kwaliteit dan effluent) voor het stroomgebied van de Laarakkerse Waterleiding waardoor zelfs in de droge zomer van 2003 geen beregeningsverbod nodig is geweest.

4

LITERATUUR

- lit. 1 Schreijer, M. en R. Kampf, 2000.
Nabehandeling van RWZI-effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem. 1995-1999.
Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier. Edam.
- lit. 2 Witteveen+Bos, 2002.
Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk. Rapportage 1^e meetjaar (2000-2001).
Projectcode HPS3-26, Witteveen+Bos, Deventer.
- lit. 3 Witteveen+Bos, 2003.
Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk. Rapportage 2^e meetjaar (2001-2002).
Projectcode HPS3-29, Witteveen+Bos, Deventer.
- lit. 4 Witteveen+Bos, 2004.
Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk. Rapportage 3^e meetjaar (2002-2003).
Projectcode HPS3-30, Witteveen+Bos, Deventer.
- lit. 5 Blankendaal V.G, E.M. Foekema en P.C. Goedhart, 2003.
Ecotoxicologische aspecten van RWZI-effluent met behulp van biomassa kweek.
STOWA rapport 2003-12, STOWA, Utrecht
- lit. 6 Kampf, R, 2003.
De Waterharmonica tussen afvalwaterketen en oppervlaktewater: van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater.
In: Graaf JHGJM vd (editor). PAO cursus Effluent van de toekomst, 22,23 en 24 januari 2003, Delft,
Stichting Postacademisch Onderwijs, 2003.

BIJLAGE

BESLISBOOM BEHEER MOERASSYSTEEM

Beslisboom beheer moerassysteem						
	als	dan	door	reden	kanttekening	bron
chemisch						
N	NH4 gedurende 24 uur in NBT>10mg/l (nitrificatie onvoldoende)	aanvoer helofytensloten minimaliseren	RWZI	moeras kan langdurige piek NH4 niet aan	als nitrificatie onvoldoende wordt deze in RWZI geoptimaliseerd ten koste van denitrificatie. moeras kan nitraatpiek in het algemeen wel goed aan	Kampf/ KT
P	TotP bij wekelijkse sneltest op etmaalmonster NBT> 0,8mg/l	controle met sneltest op steekmonster en bij bevestiging aanvoer helofytensloten minimaliseren	RWZI	vergunningseis voor lozing op LW is voor P 0,8 mg/l	gemiddelde concentratie totP in LW=0,5 mg/l, dus 0,8 mg/l voor ecologisch functioneren vermoedelijk nog niet ernstig	W+B/ KT
zwevend stof	zichtbare troebeling in etmaalmonster	controle troebeling met steekmonster en bij bevestiging aanvoer helofytensloten minimaliseren	RWZI	effect belasting slibuitspoeling ijlt erg lang na		W+B/ KT
fysisch						
aanvoer sloten	>400 m3/h	aanvoer verlagen	RWZI	zuiveringsrendement te laag	wens 350 à 400 m3/h LW in zomer, maar is nog niet over langere periode uitgetoetst	Kampf
slib en wortelmateriaal in sloten	sterke accumulatie (na ±15 jaar? termijn nog onbekend, hangt af van mate van dichtslibbing)	per keer na maaien roulerend een rietsloot droogleggen en bodem schonen (deel van de wortels en slib verwijderen)	RWZI	om de doorstroming goed te houden en preferente stroombanen te voorkomen	wellicht dat droogleggen niet nodig is	W+B/ KT
biologisch						
kroos/ flab	>70% bedekking, met name op vijvers	verwijderen, bijvoorbeeld door: stuw naar LW omhoog bij flinke regen (kroos stroomt richting afvoervijver 1) en zo snel mogelijk uit afvoervijver 1 verwijderen	WS Aa en Maas/ RWZI	belemmert groei gewenste waterplanten		Kampf/ W+B/ KT
	veel kroos over balk naar afvoervijver 1	zo snel mogelijk uit vijver verwijderen	RWZI	vormt enorme laag die gaat rotten		W+B
losgeslagen planten	weinig ondergedoken waterplanten in afvoervijver 2 of 3	losgeslagen planten (geen/ zo weinig mogelijk kroos) afvoeren naar afvoervijver 2 en 3	RWZI	bevordert groei ondergedoken waterplanten, mits geen aaneengesloten kroosdek/ veel flab	restjes kroos tussen de planten is niet erg	W+B
riet	>3 jaar oud	in de winter maaien en afvoeren (bij voorkeur als het vriest)	RWZI	gezondheid van het riet goed houden	afvoeren draagt niet veel bij aan afvoer voedingsstoffen	W+B
grote nesten watervogels	belemmerend voor doorstroming	na broedseizoen verwijderen	RWZI			