

Bijlagenboek 9.10

Verfijning analyse waterkwaliteit Tussenwater

Projectomschrijving	Versterking Markermeerdijken		
Documentnummer	AMMD-001681		
Verantwoordelijk cluster	O&I		
Werkpakket	WP-20		
Object	Oeverdijk		
Versienummer	1.0	Versiedatum	14-10-2016



Autorisatiekader

Opsteller		Gecontroleerd		Vrijgegeven	
J.J. Mandemakers		S. Schep (inhoudelijk)		V. Friedrich- Drouville	
		A. Hermans (samenhang ecologie)			
		P. van den Akker (samenhang inrichting tussenwater)			

Documenthistorie

Versienummer	Versiedatum	Omschrijving
0.1	23-08-2016	
0.2	14-09-2016	§5.4 effect waterdiepte op watertemperatuur toegevoegd
0.3	27-09-2016	Hoofdstuk 7 toegevoegd
1.0	14-10-2016	Definitief

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	4
2	Inleiding	5
3	Aanpak	6
3.1	Aanpak draagkracht vs. externe belasting	6
3.2	Aanpak analyse doorspoelen	9
4	Draagkracht vs. externe belasting	12
4.1	Waterbalans	12
4.2	Externe belasting	13
4.3	Draagkracht: kritische belasting	14
4.4	Conclusie: draagkracht vs. externe belasting	15
5	Analyse doorspoelen en troebelheid	16
5.1	Doorspoelen in relatie tot muggen	16
5.2	Doorspoelen in relatie tot de waterkwaliteit	17
5.3	Doorspoelen: conclusies en aanbevelingen	17
5.4	Effect van waterdiepte op watertemperatuur	18
6	Conclusies en aanbevelingen	21
6.1	Conclusie	21
6.2	Aanbevelingen: maatregelen en monitoring	21
7	Eis waterkwaliteit	24
8	Literatuur	26

1 Samenvatting

Voor het Tussenwater (module Grote Waal en Hulk – Noord) is een analyse uitgevoerd van de te verwachten waterkwaliteit. De uitkomsten van een eerste analyse op hoofdlijnen staan in de memo Waterhuishouding Tussenwater (17 juni 2016, documentnummer AMMD-000634). In de vervolgstudie (deze memo) is een update uitgevoerd van de eerste analyse. Bovendien zijn enkele aspecten in meer detail uitgezocht. Onderstaande samenvatting geeft een overzicht van de belangrijkste uitkomsten van beide studies.

De gewenste waterkwaliteit in het Tussenwater is helder water waarin waterplanten groeien, en waarin geen overlast optreedt door (blauw)algenbloei of muggenplagen. In de analyses is onderzocht of een goede waterkwaliteit verwacht mag worden, of dat er knelpunten zijn die hiervoor in de weg staan. In dit laatste geval is uitgezocht welke maatregelen getroffen kunnen worden om de knelpunten op te heffen.

De focus van de analyse ligt op de vergelijking tussen de externe nutriëntenbelasting en de kritische nutriëntenbelasting. De kritische nutriëntenbelasting (ofwel draagkracht) van het watersysteem is met behulp van ecologische modellen specifiek berekend voor het Tussenwater. De externe nutriëntenbelasting is berekend op basis van een waterbalans en een schatting van de aantallen watervogels in het Tussenwater. De gewenste waterkwaliteit mag verwacht worden als de draagkracht niet wordt overschreden door de externe nutriëntenbelasting en er geen andere knelpunten zijn.

Uit de analyse blijkt dat de externe nutriëntenbelasting vrij hoog is, vooral door de aanvoer van nutriënten via de uitwerpselen van watervogels. De draagkracht van het Tussenwater is echter ook hoog, vooral door de beperkte waterdiepte van één meter. Op basis van deze resultaten kunnen we vaststellen dat er een reële kans is op een goede waterkwaliteit zonder overlast. Vooral de beginfase van het watersysteem (de inregelfase) is essentieel: het is belangrijk dat waterplanten dan gaan groeien, anders kunnen algen dominant worden. Om dit risico te minimaliseren, stellen we inrichtingsmaatregelen voor (gericht op nutriëntenreductie en het verhogen van de draagkracht van het Tussenwater) en uitvoeringsmaatregelen (gericht op het beperken van verstoring en het realiseren van optimale groeikansen voor waterplanten). We kunnen niet uitsluiten dat de waterkwaliteit toch slecht wordt, of dat er periodiek overlast is door blauwalgen. Er zijn echter effectieve mitigerende maatregelen denkbaar die kunnen worden ingezet om overlast door blauwalgen te voorkomen of om het watersysteem te resetten naar een goede toestand.

Twee aspecten zijn nader onderzocht omdat hier concrete vragen over zijn gesteld, te weten het effect van doorspoelen en de watertemperatuur:

- Doorspoelen is niet nodig voor een goede waterkwaliteit. Daarentegen kleven er juist diverse nadelen aan doorspoelen, zoals aanvoer van nutriënten waardoor de biomassaproductie wordt aangewakkerd en veel beheer nodig is.
- Als gevolg van een waterdiepte van slechts één meter (ten opzichte van twee meter) zal het water sneller opwarmen en kan de watertemperatuur maximaal twee graden hoger worden. De watertemperatuur komt echter ook bij een diepte van slechts één meter slechts enkele dagen per jaar boven de 25 graden Celcius. Daarom wordt de watertemperatuur niet als knelpunt gezien voor een goede ecologische toestand.

2 Inleiding

Om inzicht te verkrijgen in de te verwachten waterkwaliteit en ecologische toestand van het Tussenwater is een analyse op hoofdlijnen uitgevoerd (memo Waterhuishouding Tussenwater, 17 juni 2016, documentnummer AMMD-000634). Uit deze analyse bleek dat een goede waterkwaliteit niet zondermeer verwacht kan worden. Daarom zijn diverse maatregelen voorgesteld om de draagkracht van het watersysteem te vergroten, zoals een natuurlijk peilbeheer, aanbrengen van een zandlaag op de waterbodem en de mogelijkheid om door te kunnen spoelen.

In voorliggende studie is op basis van het gekozen peilbeheer (gereduceerd natuurlijk peil) en het vernieuwde ontwerp (dimensies van het watersysteem, ophoging van de waterbodem door aanbrengen van zandlaag) een herberekening gemaakt van de externe nutriëntenbelasting en van de draagkracht van het Tussenwater in de Grote Waal en Hulk - Noord. De vergelijking tussen de externe nutriëntenbelasting en de draagkracht geeft inzicht in de te verwachten waterkwaliteit: als de draagkracht wordt overschreden, wordt een slechte waterkwaliteit verwacht (troebel water met veel algen). Als de belasting lager is dan de draagkracht, wordt een goede waterkwaliteit verwacht (helder en plantenrijk water).

Daarnaast is in deze studie in meer detail gekeken naar het effect van doorspoelen. Vaak wordt gedacht dat doorspoelen een voorwaarde is voor een goede waterkwaliteit, of dat doorspoelen helpt om muggenoverlast te voorkomen. Het inlaatwater uit het Markermeer kan echter zeer troebel zijn, waardoor doorspoelen juist negatieve effecten kan hebben op de waterkwaliteit. Daarom is onderzocht wat het effect is van doorspoelen op de waterkwaliteit in het Tussenwater, en of doorspoelen nodig is om overlast door muggen te voorkomen. Verder is in deze studie onderzocht wat het effect is van de waterdiepte op de watertemperatuur. Hierbij ligt de nadruk op de vraag, of een waterdiepte van slechts één meter tot waterkwaliteitsproblemen kan leiden als gevolg van opwarming.

Zorgen vanuit de omgeving: ganzen en muggen

Met betrekking tot de waterkwaliteit zijn vanuit de omgeving zorgen geuit over overlast door ganzen en door muggen. Ganzen kunnen de waterkwaliteit nadelig beïnvloeden door de aanvoer van extra nutriënten via hun ontlasting. In deze studie is een schatting gemaakt van de nutriëntenbelasting door watervogels (waaronder ganzen). Deze belasting is opgeteld bij de totale externe nutriëntenbelasting.

Overlast door muggen wordt vaak geassocieerd met stilstaand water. In deze notitie is uitgezocht onder welke condities een muggenplaag kan optreden, en wat daar tegen gedaan kan worden.

In hoofdstuk 3 wordt de gehanteerde methode toegelicht. Bovendien staan hier alle uitgangspunten vermeld. In hoofdstuk 4 wordt de externe nutriëntenbelasting vergeleken met de draagkracht van het Tussenwater. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op doorspoelen, de kans op het optreden van een muggenplaag en op het effect van de waterdiepte op de watertemperatuur. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies van de uitgevoerde analyses, gevolgd door aandachtspunten om een 'heldere start' te forceren. Op basis van de uitgevoerde analyses en de beschouwde maatregelen is in hoofdstuk 7 de eis met betrekking tot de waterkwaliteit van het Tussenwater geformuleerd en meetbaar gemaakt.

3 Aanpak

3.1 Aanpak draagkracht vs. externe belasting

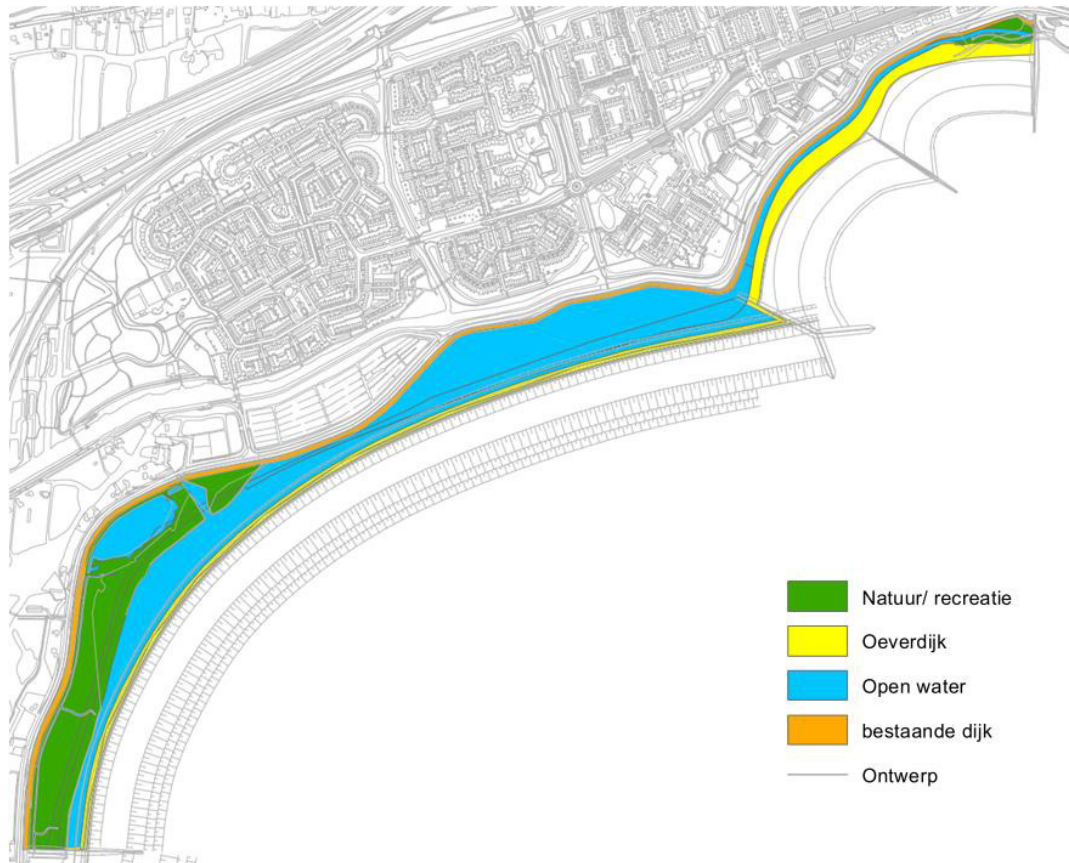
Waterbalans

De waterbalans voor het gereduceerd natuurlijk peilbeheer is doorgerekend volgens het ontwerp van de oeverdijk van 1 augustus 2016. Voor het opstellen van deze waterbalans is gebruik gemaakt van de bestaande waterbalansen. De opzet van deze waterbalansen is gerapporteerd in de memo AMMD-000634 (Waterhuishouding Tussenwater, 17 juni 2016). Voor de uitgangspunten van de waterbalans voor gereduceerd natuurlijk peilbeheer wordt naar deze memo verwezen. Ten opzichte van deze memo zijn de volgende wijzigingen:

- de lengte van de oeverdijk wordt 3.111 m;
- de oppervlaktes voor het open water en het voorland zijn gewijzigd. In onderstaande tabel zijn de nieuwe oppervlaktes aangegeven;
- de nieuwe plas wordt verondiept. De bodemhoogte van de plas komt op NAP -1,6 m te liggen. De bodemhoogte van de watergangen blijft NAP -1,4 m;
- een overzicht van het nieuwe ontwerp staat in Afbeelding 2.1.

Tabel 3.1 Oppervlaktes Grote Waal en de Hulk-Noord

Omschrijving	Oppervlak (ha)
Open water	20,2
Voorland	9,2
Oeverdijk	6,5
Totaal	35,8



Figuur 3.1 Overzicht module 2 Noord (ontwerp 1 augustus 2016)

Externe belasting: ingaande waterstromen

De externe fosfor- en stikstofbelasting door ingaande waterstromen in mg/m²/d is berekend op basis van de nutriëntconcentraties (Tabel 3.2), de ingaande debieten (Tabel 4.1) en het wateroppervlak (20,2 ha). De uitgangspunten in Tabel 3.2 zijn ongewijzigd overgenomen uit de vorige analyse (memo AMMD-000634, Waterhuishouding Tussenwater, 17 juni 2016).

Tabel 3.2 Uitgangspunten geschatte minimale, maximale en gemiddelde concentraties N en P in ingaande waterstromen

waterstroom	minimale-maximale schatting P (mg/l)	gemiddelde schatting P (mg/l)	minimale-maximale schatting N (mg/l)	gemiddelde schatting N (mg/l)	bron
neerslag	0.0016 ¹ - 0.0124 ²	0.0016	1.54 ²	1.54	Landelijke metingen ^{1,2}
droge depositie	-	0	2.15 (mg N/m ² /d)	2.15	inschatting aan de hand van landelijke totale N-depositie ³
grondwaterstroom vanuit Markermeer	0.05 - 0.2	0.1	1 - 3	1.5	expert inschatting op basis van de waterkwaliteit in het

					Markermeer plus verrijking door kleilaag
grondwaterstroom vanuit Voorlanden	0.2 - 0.5	0.3	3 - 6	4	indicatieve landelijke getallen per grondsoort ⁴
inlaat vanuit Markermeer	0.02 - 0.2	0.05	0.75 - 2	1.1	schatting op basis van waterkwaliteitsmetingen RWS Hoornse Hop 2010-2016

1. Milieu- en Natuurplanbureau 25 april 2007

2. RIVM rapport 723101 057, 2001

3. inschatting N-depositie aan de hand van CBS, PBL, Wageningen UR (2015). Vermestende depositie, 1990-2014 (indicator 0189, versie 14, 9 oktober 2015). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl.

4. Alterra-rapport 1700, 2008.

Externe belasting: watervogels

Voor de vorige analyse (memo AMMD-000634, 17 juni 2016) is samen met expert Mennobart van Eerden (Rijkswaterstaat) een schatting gemaakt van de te verwachten vogelaantallen in de Grote Waal en Hulk Noord. Bij die schatting is uitgegaan van een vrij lage en flauwe oeverdijk, een totaal wateroppervlak van ruim 13 ha (overeenkomstig het ontwerp destijds) en een geschikt leefgebied voor vogels op de voorlanden en op de oeverdijk. Daarnaast is een tweede schatting gemaakt voor een scenario met aanzienlijk meer water en grotere moeraszones: in dit scenario zijn de vogelaantallen hoger. De totale belasting (in kg per dag) voor beide schattingen staat in Tabel 3.2.

Het nieuwe ontwerp van 1 augustus 2016 is deels gunstig en deels ongunstig voor watervogels. De afstand tussen het open water en de oeverdijk is vrij gering en de oeverdijk is iets hoger dan waar tijdens de schattingen van uit is gegaan: dit is ongunstig voor watervogels. Het wateroppervlak is fors vergroot (namelijk 20,2 in plaats van 13 ha): dit is gunstig voor watervogels.

Het netto effect van het nieuwe ontwerp op de vogelaantallen is onbekend. Daarom zijn de vogelaantallen uit schatting 1 aangehouden als minimale schatting (waarbij we aannemen dat het nieuwe ontwerp netto niet gunstiger is voor watervogels), en de vogelaantallen uit schatting 2 als maximale schatting (waarbij we dus juist aannemen dat het nieuwe ontwerp wel gunstig is voor watervogels). De totale N- en P-belasting (volgens Tabel 3.2) is verdeeld over het wateroppervlak volgens het nieuwe ontwerp (ruim 20 ha).

Tabel 3.1 Totale N- en P-belasting door watervogels in kg/d

	kg N/d	kg P/d
schatting 1	1.7	0.3
schatting 2 (meer open water en moeras)	3.5	0.7

Kritische belasting

De kritische P-belasting is berekend voor watergangen (met PCDitch) en voor plassen (met PCLake). Voor een toelichting bij de methode wordt verwezen naar de memo Waterhuishouding Tussenwater van 17 juni 2016. De gehanteerde uitgangspunten staan in Tabel 3.3. Voor deze uitgangspunten is uitgegaan van het huidige ontwerp.

Tabel 2.3. Uitgangspunten PCLake en PCDitch voor berekening kritische belasting

parameter	PCLake	PCDitch	bron/aanname
waterdiepte (m)	1.2 m (winter) 1.0 m (zomer)	1.0 m (winter) 0.8 m (zomer)	waterpeil volgt uit waterbalans; bodemhoogte plas: -1.6 mNAP bodemhoogte watergang: -1.4 mNAP
hydraulische belasting (mm/d)	3.4	3.4	volgt uit waterbalans (som van alle ingaande waterstromen)
strijklengte (m)	250	n.v.t.	strijklengte van de grote plas (alleen relevant voor PCLake)
bodemtype	zand	zand	afdekking met zand
fractie moeras (%)	2	n.v.t.	enige moerasontwikkeling (alleen relevant voor PCLake) Een moeraszone is gunstig voor de draagkracht van het watersysteem, mits het moeras van goede ecologische kwaliteit is.
N/P-verhouding	8	8	volgt uit berekende externe belasting (inclusief watervogels)

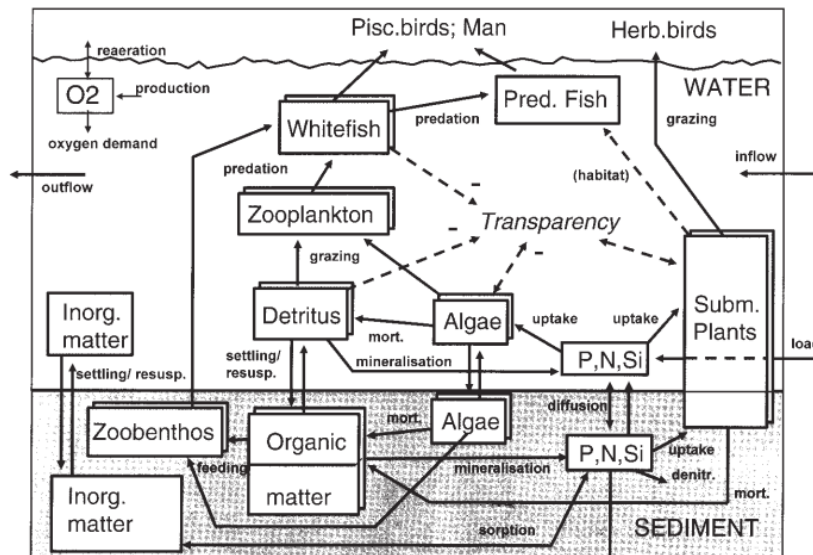
3.2 Aanpak analyse doorspoelen

Er zijn twee stappen uitgevoerd om de noodzaak en de voor- en nadelen van doorspoelen te analyseren:

1. scan van bestaande literatuur en ervaringen bij Witteveen+Bos uit voorgaande projecten met betrekking tot de voorwaarden voor muggen. Een belangrijke vraag is of doorspoelen nodig is om een muggenplaag te voorkomen. En zo ja, in welke mate moet worden doorgespoeld.
2. modellering met het ecologische model PCLake om de effecten van doorspoelen op het ecosysteem van het Tussenwater te kwantificeren. Deze stap wordt hieronder nader toegelicht.

Modellering met PCLake

Voor deze analyse is een uitgebreide modelstudie met PCLake uitgevoerd waarin niet alleen naar nutriënten is gekeken (N en P), maar ook naar de troebelheid van het inlaatwater uit het Markermeer. Hierbij is het model op dagbasis doorgerekend. Alle ingaande water- en stofstromen zijn per dag aan het model opgedrukt ('inflow' en 'load' in Afbeelding 3.2). Op basis van deze invoer wordt berekend waar alle stoffen (stikstof, fosfor en koolstof) terechtkomen (bijvoorbeeld in vissen, in waterplanten, in algen, in de bodem etc.). Op deze manier is het model voor 25 jaar doorgerekend (voor de meteorologische periode 1990 - 2015).



Figuur 3.2 Schematische weergave van het model PCLake

Met het model zijn zes scenario's berekend die verschillen in mate van doorspoelen (van niet doorspoelen tot bijna 10.000 m³/d, zie Tabel 3.4). Voor ieder van deze scenario's is de waterbalans aangepast door in de zomer (april - september) een doorspoeldebiet op te drukken. Voor ieder scenario zijn weer twee varianten gemaakt die verschillen in de concentratie zwevend stof in het Markermeer: gemiddeld of hoog (zie Tabel 3.5). Al deze scenario's zijn doorgerekend met PCLake, apart voor een heldere en voor een troebele begintoestand. In totaal zijn dus 24 modelberekeningen gemaakt.

Tabel 2.4 Doorspoeldebiet (m³/d) en gemiddelde verblijftijd in de zomer (april tot en met september)

doorspoeldebiet (m ³ /d)	verblijftijd (d) in de zomer
0	250
790	140
1.317	100
1.976	75
3.952	45
9.879	20

In het model zijn (voor ieder scenario apart) de volgende reeksen op dagbasis opgedrukt:

- De 'inflow' in m³/d. Deze volgt uit de waterbalans;
- P-totaal en N-totaal (mg/m²/d). Voor de belasting van P-totaal en N-totaal is uitgegaan van de gemiddelde schatting van de concentraties (uit Tabel 3.2);
- hoeveelheid algen. Met de inlaat vanuit het Markermeer worden algen ingelaten. De hoeveelheid algen (uitgedrukt in fosfor) is gebaseerd op metingen van chlorofyl-a in het Markermeer. De zomergemiddelde concentratie in de periode 2010 - 2015 bedroeg 12 µg chl-a/l. Omgerekend bedraagt dit 0.01 mg P/l;
- zwevend stof (ZS): organisch en anorganisch. Berekend op basis van de concentratie in alle afzonderlijke waterstromen, zie onderstaande tabel (Tabel 3.5).

Tabel 3.5 Uitgangspunten zwevend stof

instroom	organisch zwevend stof (mg/l)	anorganisch zwevend stof (mg/l)	bron
neerslag	0	0	expert schatting: geen zwevend stof
kwel	1	1	expert schatting: gering zwevend stof
uitspoeling	1	1	expert schatting: gering zwevend stof
inlaat	gemiddeld: 8.5 hoog: 12.5	gemiddeld: 15 hoog: 30	metingen RWS Hoornse Hop 2010-2015 (alleen zomer metingen)
vogels	131 mg/m ² /d	0	Hahn et al., 2007, 2008: organische belasting is ca. factor 10 hoger dan de N-belasting

Naast de dagreeksen zijn de volgende modelconstanten opgegeven (Tabel 3.6).

Tabel 3.6 Modelinstellingen PCLake

modelinstelling	waarde	bron
bodemhoogte (m NAP)	-1.60	waterbalans
strijklengte (m)	250	strijklengte grote plas
bodemtype	zand	ontwerp
fractie moeras (%)	2	schatting: enige moerasontwikkeling
fractie PO ₄ (anorganische fractie van P-totaal)	verschilt per scenario	per scenario berekend op basis van de fractie in iedere nutriëntenbron en de relatieve omvang van iedere nutriëntenbron

4 Draagkracht vs. externe belasting

4.1 Waterbalans

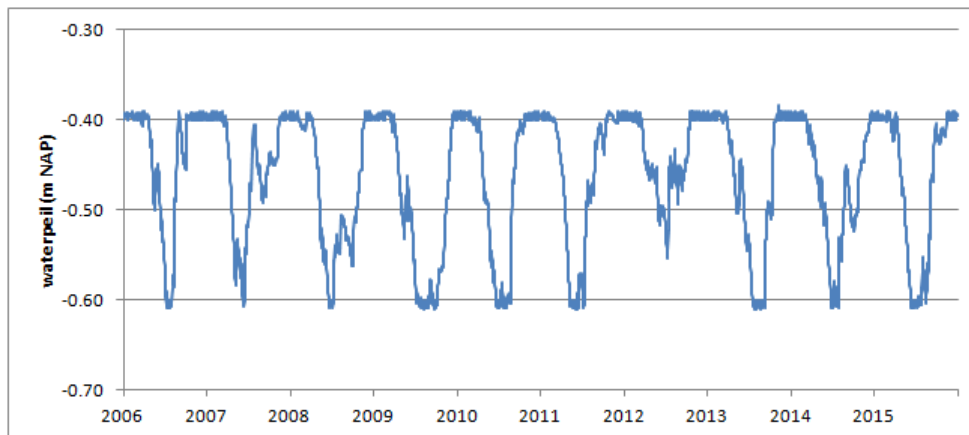
De waterbalans laat zien dat neerslag de grootste ingaande waterstroom is. Daarnaast is er instroom door kwel via de oeverdijk, uitspoeling vanuit de voorlanden en inlaat uit het Markermeer (Tabel 4.1). De hydraulische belasting is laag: gemiddeld 3,4 mm/d. Hierdoor kent het Tussenwater een gemiddelde verblijftijd van bijna een jaar.

De waterbalans is gebaseerd op het nieuwe ontwerp (van 1 augustus 2016). De belangrijkste wijziging voor de waterbalans is de toename van het wateroppervlak (ruim 20 ha in plaats van ruim 13 ha). Hierdoor neemt de relatieve bijdrage van de ingaande grondwaterstromen vanuit het Markermeer en vanuit de Voorlanden af (in m³ blijven deze stromen namelijk ongeveer even groot). Daarom moet er extra water worden ingelaten vanuit het Markermeer (namelijk 73 in plaats van 53 m³/d, zie Tabel 4.1).

Tabel 4.4 Resultaten waterbalans Grote Waal en de Hulk-Noord

Omschrijving	Eenheid	Gereduceerd natuurlijk peil (nieuw ontwerp, 1/8/2016)	Gereduceerd natuurlijk peil (voormalig ontwerp, memo AMMD- 000634, 17 juni 2016)
Maximum peil	m NAP	-0,4	-0,4
Minimum peil	m NAP	-0,6	-0,6
Hoogte waterbodem	m NAP	-1.4/-1.6	-1,4/-2.3
Gemiddelde waterstand	m NAP	-0,47	-0,47
Gemiddeld totaal wateroppervlak	ha	20,2	13,2
Gemiddeld volume	m3	223.890	225.467
Gemiddelde neerslag	m3/d	471	309
Gemiddelde verdamping	m3/d	397	260
Gemiddelde grondwaterstroom vanuit Markermeer	m3/d	37	37
Gemiddelde grondwaterstroom naar Markermeer	m3/d	0	0
Gemiddelde grondwaterstroom vanuit Voorlanden	m3/d	100	86
Gemiddelde grondwaterstroom naar Voorlanden plus wegzijging naar de polder	m3/d	79	76
Gemiddelde inlaathoeveelheid vanuit Markermeer	m3/d	73	53
Gemiddelde uitlaathoeveelheid naar Markermeer	m3/d	201	147
Totaal gemiddeld ingaand debiet	m3/d	681	485
Gemiddelde hydraulische belasting (totaal ingaand waterstromen debiet gedeeld door het wateroppervlak)	mm/d	3,4	3,7

Het waterpeil vertoont een natuurlijke fluctuatie (Afbeelding 4.1). Doorgaans zakt het peil in de zomer uit tot aan het minimumpeil. In erg natte zomers (zoals 2012) zakt het peil minder ver uit.



Figuur 4.3 Berekend waterpeil (m NAP) voor het peilscenario gereduceerd natuurlijk peil

4.2 Externe belasting

De externe P- en N-belasting is vrij hoog; dit komt vooral door belasting door watervogels (Tabel 4.2 en 4.3). In de eerdere studie (memo AMMD-000634, Waterhuishouding Tussenwater, 17 juni 2016) is getoond dat meer dan de helft van de nutriëntenbelasting door watervogels door slechts enkele soorten wordt veroorzaakt (namelijk door aalscholvers en meeuwen). Ganzen veroorzaken circa een kwart van de nutriëntenbelasting door watervogels.

Tabel 4.5 Berekende externe fosforbelasting in mg P/m²/d voor Grote Waal en de Hulk-Noord

bron	minimaal	maximaal	gemiddeld
neerslag	0.004	0.029	0.004
grondwaterstroom vanuit Markermeer	0.009	0.037	0.018
grondwaterstroom vanuit Voorlanden	0.099	0.248	0.149
inlaat Markermeer	0.007	0.072	0.018
watervogels	1.7	3.3	2.5
TOTAAL	1.8	3.7	2.7

Tabel 4.6 Berekende externe stikstofbelasting in mg N/m²/d voor Grote Waal en de Hulk-Noord

bron	minimaal	maximaal	gemiddeld
neerslag	3.60	3.60	3.60
grondwaterstroom vanuit Markermeer	0.18	0.55	0.28
grondwaterstroom vanuit Voorlanden	1.49	2.98	1.98
inlaat Markermeer	0.27	0.72	0.40
watervogels	8.6	17.3	13.0
droge N-depositie	2.15	2.15	2.15
TOTAAL	16.3	27.3	21.4

4.3 Draagkracht: kritische belasting

In Tabel 4.4 staat de berekende kritische nutriëntenbelasting voor het Tussenwater bij het gereduceerd natuurlijk peilbeheer.

Tabel 4.7 De berekende kritische nutriëntenbelasting (mg P/m²/d)

	PCDitch	PCLake - troebele begintoestand	PCLake - heldere begintoestand
gereduceerd natuurlijk peil (nieuw ontwerp, 1/8/2016)	4,8	2,5	6,5

Onzekerheidsmarge kritische belasting

De berekende kritische nutriëntenbelasting staat in Tabel 4.4 gepresenteerd als een vaste waarde. In Afbeelding 4.2 is een modelonzekerheid van +/- 20% toegevoegd. Er is ca. 75 procent kans dat de afwijking binnen deze range valt (Janse et al., 2010). Met andere woorden; er is 75 procent kans dat de daadwerkelijke draagkracht van het Tussenwater binnen deze range valt. Deze onzekerheid heeft te maken met uitschieters in het proces van modelkalibratie en in de onzekerheidsanalyse van PCLake (Janse et al., 2010).

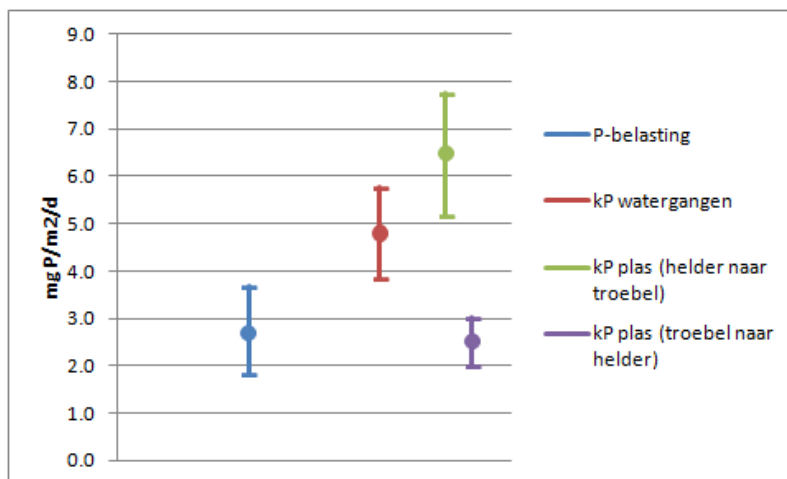
Naast de modelonzekerheid, schuilt er ook onzekerheid in de gekozen parameters. De gehanteerde uitgangspunten (zoals die staan in Tabel 2.3) zijn gebaseerd op het huidige ontwerp van het Tussenwater. In deze uitgangspunten is soms een aanname gemaakt, omdat nog onbekend is hoe het watersysteem Tussenwater er precies uit gaat zien. Zo is het moerasoppervlak een belangrijke parameter. Hoeveel ecologisch effectief moeras zich ontwikkelt, is echter niet vooraf precies vast te stellen. Ook de vogelaantallen hebben invloed op de draagkracht; dit komt doordat vogels relatief veel fosfor en weinig stikstof aanvoeren (en dus de N/P-verhouding sterk beïnvloeden). Dit is van invloed op het hele ecosysteem functioneren, en dus op de draagkracht. De exacte vogelaantallen zijn echter nog onbekend; in deze analyse is uitgegaan van een schatting.

4.4 Conclusie: draagkracht vs. externe belasting

Afbeelding 4.2 toont de externe P-belasting ten opzichte van de draagkracht. De verhouding voor de N-belasting en de draagkracht laat nagenoeg hetzelfde beeld zien. Hieruit blijkt dat:

- de draagkracht voor watergangen niet wordt overschreden;
- de draagkracht voor plassen in een heldere toestand ook niet wordt overschreden;
- de draagkracht voor plassen in een troebele toestand ongeveer gelijk is aan de externe belasting.

Concreet betekent dit dat enerzijds een heldere toestand mogelijk is met een dichte begroeiing van waterplanten. Doordat de externe belasting in absolute zin hoog is, wordt een productieve toestand verwacht met woekerende waterplanten. Anderzijds is ook een troebele toestand mogelijk waarin algen dominant blijven.



Figuur 4.4 Externe en kritische P-belasting (beide in mg/m²/d). De externe belasting (blauw) met de gemiddelde schatting (ronde stip) en de minimale en maximale schatting (onder- en bovengrens). De berekende kritische belasting is weergegeven (ronde stip) met een afwijking van +/- 20 procent (er is 75 procent kans dat de draagkracht daadwerkelijk binnen deze marges valt).

NB! De draagkracht is berekend met twee verschillende modellen: met PCDitch (model voor smalle lijnvormige wateren) en met PCLake (model voor ondiepe meren). Het Tussenwater bestaat uit zowel watergangen als uit plassen, maar zal als één watersysteem functioneren. De daadwerkelijke draagkracht van het Tussenwater zal tussen de berekende draagkracht van de beide modellen liggen.

5 Analyse doorspoelen en troebelheid

In dit hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op doorspoelen. Hierbij komt de vraag aan bod of doorspoelen nodig is om overlast door muggen te voorkomen, en wat het effect is van doorspoelen op de waterkwaliteit. De laatste paragraaf gaat in op het effect van de waterdiepte op de watertemperatuur.

5.1 Doorspoelen in relatie tot muggen

In het Tussenwater mag geen overlast door muggen optreden. Met andere woorden: het Tussenwater mag geen geschikt habitat zijn waarin muggen massaal tot ontwikkeling kunnen komen. In onderstaande alinea's wordt ingegaan op de eisen die muggen aan hun habitat stellen, en hoe het watersysteem ingericht kan worden om een massale ontwikkeling van muggen te voorkomen.

In Nederland worden drie soorten muggen als hinderlijk ervaren: dans- of vedermuggen, steekmuggen en knutten (RIZA, 2002):

- Over knutten is vrij weinig bekend; deze kunnen in allerlei type milieu's voorkomen en het is onbekend hoe belangrijk waterpartijen zijn (Verdonschot, 2009).
- Dansmuggen steken niet, maar zijn hinderlijk door de grote zwermen die in het voorjaar kunnen ontstaan zodra de watertemperatuur boven de 11 °C uitkomt (RIZA, 2002). Dansmuggen brengen een zeer groot deel van hun leven als larve in het water of in de waterbodem door.
- Er zijn verschillende soorten steekmuggen, zoals moerasmuggen en huissteekmuggen. Vrijwel alle soorten brengen een groot deel van hun leven in of rond het water door (Verdonschot, 2009).

Muggen "zijn zeer gevoelig voor stroming en golfslag" (Verdonschot, 2009). Er is echter geen relatie bekend tussen de stroomsnelheid en de ontwikkeling van muggen. In een RIVM rapport (2016) staat dat in stromend water doorgaans geen muggen tot ontwikkeling komen, maar dat dit onderscheid bij zeer lage stroomsnelheden afneemt. Met andere woorden, het is onbekend vanaf welke stroomsnelheid muggen niet meer tot ontwikkeling kunnen komen.

Als er geen of weinig stroming is, zijn predatoren een belangrijke factor die de ontwikkeling van muggen beperkt. Zowel dans- als steekmuggen vormen als larve een voedselbron voor vissen, amfibieën, waterwantsen, waterkevers, kreeftachtigen en vogels (RIZA, 2002). In watersystemen waar deze predatoren aanwezig zijn, wordt de ontwikkeling van muggen dan ook sterk geremd (Verdonschot, 2009). In watersystemen met een goed ontwikkeld ecosysteem is dan ook geen grote overlast te verwachten. Daarnaast wordt de ontwikkeling van muggen gestimuleerd door verlanding, hoge watertemperaturen en weinig zuurstof (dat laatste kan optreden in zeer voedselrijke omstandigheden en door aanvoer van veel organisch materiaal) (Verdonschot, 2009).

Er is een risicosleutel ontwikkeld voor de kans op overlast door steekmuggen in verschillende watertypen (Verdonschot, 2009). In een watersysteem als het Tussenwater (open water, al dan niet geïsoleerd, dieper dan 80 cm, voedselrijk) is er geen risico op hoge aantallen steekmuggen. In de oeverzone is wel kans op grote aantallen muggen, vooral als er in de oeverzone geïsoleerde

plasjes ontstaan. Dit heeft hoofdzakelijk te maken met de afwezigheid van predatoren in deze geïsoleerde (vaak tijdelijke) plassen.

Conclusie:

- een muggenplaag is vooral te verwachten in langzaam stromende of stilstaande wateren waarin predatoren ontbreken. Bij een hoge stroomsnelheid zal geen muggenplaag optreden. Een echte hoge stroomsnelheid is echter geen reële optie voor het Tussenwater;
- muggen zijn zeer gevoelig voor predatie door vissen en andere fauna. Voorafgaand aan de werkzaamheden wordt het Tussenwater leeggevoerd: daardoor zal de predatiedruk in het eerste jaar (tijdens de inregeling) gering zijn. Dit kan leiden tot overlast tijdens de inregelfase. Het Tussenwater is echter geen volledig nieuw watersysteem en door de visvriendelijke verbinding met het Markermeer zullen al snel predatoren aanwezig zijn die de ontwikkeling van muggen reguleren. Het is niet nodig om actief vis uit te zetten om muggen te bestrijden.
- wel vormen tijdelijke, ondiepe geïsoleerde poelen een aandachtspunt. In deze poelen kan mogelijk wel een muggenplaag ontwikkelen. Dit kan verholpen worden door deze poelen aan te sluiten op het watersysteem, bijvoorbeeld door de aanleg van geultjes.

5.2 Doorspoelen in relatie tot de waterkwaliteit

Met de analyse in PCLake is uitgezocht wat het effect is van doorspoelen op de waterkwaliteit. Hieruit blijkt dat bij een heldere, plantenrijke toestand doorspoelen niet nodig is voor het behoud van waterplanten en een goede waterkwaliteit. Als in deze situatie wel wordt doorgespoeld, neemt de productiviteit toe en dit uit zich in een grotere biomassa vegetatie en meer slibaanwas. In deze situatie is doorspoelen daarom ongewenst.

Ook als de begintoestand troebel is, is doorspoelen mogelijk maar geen optimale maatregel. De PCLake-analyse laat zien dat als met een fors debiet wordt doorgespoeld op den duur een omslag optreedt naar een heldere en plantenrijke toestand. Dit suggereert dat doorspoelen een gunstig effect kan hebben op de waterkwaliteit. Er kleven echter diverse bedenkingen aan deze maatregel:

- de waterkwaliteit van het Markermeer is niet constant. Bijvoorbeeld tijdens stormen is de hoeveelheid zwevend stof zeer hoog. Het is zeer onwenselijk dat dit water wordt ingelaten in het Tussenwater;
- het duurt lang voordat doorspoelen effect heeft (orde grote jaren). Het is daarnaast onduidelijk, wat er gebeurt als gestopt wordt met het doorspoelen. Doordat er tijdens de periode van het doorspoelen veel nutriënten zijn aangevoerd, die mogelijk in de waterbodem zijn opgenomen, wordt een hoog productief systeem verwacht met een hoge biomassa vegetatie en veel slibaanwas. Daarbij is niet uit te sluiten dat op den duur wederom een omslag optreedt naar de troebele, algengedomineerde toestand.

5.3 Doorspoelen: conclusies en aanbevelingen

Op basis van de literatuurstudie in hoofdstuk 5.1 is geconcludeerd dat doorspoelen niet nodig is om overlast door muggen te voorkomen. Daarnaast laat de modelstudie uit hoofdstuk 5.2 zien dat aan de maatregel (uitgevoerd ten bate van waterkwaliteit) diverse belangrijke nadelen kleven. Door doorspoelen worden extra nutriënten en zwevend stof aangevoerd. Hierdoor ontstaat er meer biomassa (in de vorm van waterplanten of algen) en is er meer slibaanwas. Dit vergt extra onderhoud zoals maaien en baggeren. Dit komt bovenop de inspanning die gepaard gaat met het

in- en uitlaatbeheer zelf. Daarom is ons advies om zeer terughoudend om te gaan met deze maatregel.

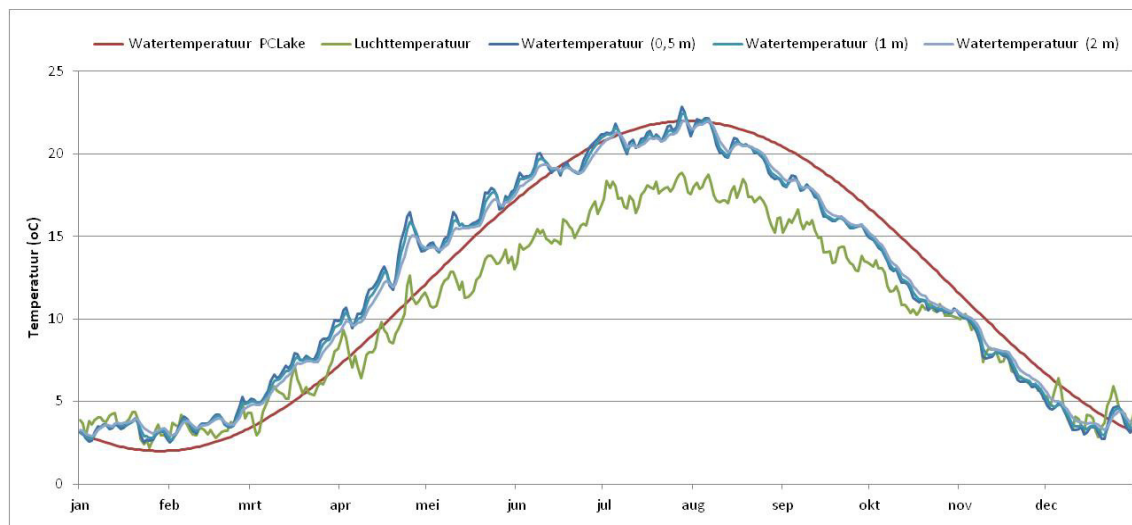
5.4 Effect van waterdiepte op watertemperatuur

In het ontwerp van de oeverdijk wordt uitgegaan van een gemiddelde bodemhoogte van het Tussenwater van -1,60 m NAP. Hierdoor bedraagt de waterdiepte in de zomer gemiddeld 1,0 meter (en 1,2 meter in de winter). In deze aanvullende analyse is onderzocht hoe de watertemperatuur van het Tussenwater beïnvloed wordt door de waterdiepte. De aanleiding voor deze analyse zijn zorgen vanuit de omgeving dat de watertemperatuur sterk kan toenemen bij een waterdiepte van slechts één meter (en daardoor algenbloei gestimuleerd wordt en meer muggenoverlast ontstaat).

De daggemiddelde watertemperatuur van het Tussenwater is berekend op basis van de waterdiepte en vier meteorologische parameters (luchttemperatuur, windsnelheid, luchtvochtigheid en instraling) ("Edinger-benadering", 1965). Voor de meteorologische parameters is gebruik gemaakt van metingen op dagbasis door het KNMI-station Berkhout in de periode 2001-2015. Met deze reeksen is voor drie waterdiepten de watertemperatuur van het Tussenwater berekend (voor 0,5, 1 en 2 meter).

Figuur 5.1 toont per dag de langjarig gemiddelde watertemperatuur voor drie waterdiepten (de drie blauwe lijnen), de langjarig gemiddelde luchttemperatuur (de groene lijn) en de watertemperatuur zoals die in het model PCLake wordt gebruikt (de rode lijn). De langjarig gemiddelde watertemperatuur is niet erg gevoelig voor de waterdiepte: de drie blauwe lijnen liggen dicht bij elkaar. De verschillen in de watertemperatuur bedragen doorgaans maximaal enkelen tienden van graden. Wel is te zien dat ondieper water sneller reageert op de luchttemperatuur: in het voorjaar neemt de temperatuur van ondieper water sneller toe, in de nazomer vanaf augustus neemt de temperatuur van ondieper water ook sneller af.

Het ecologisch model PCLake (dat in deze studie gebruikt is in paragraaf 4.3 en 5.2) gaat uit van een watertemperatuur volgens de rode lijn in Figuur 5.1. Deze "PCLake-temperatuur" wordt redelijk goed benaderd door de berekende watertemperatuur (de blauwe lijnen). PCLake onderschat de watertemperatuur in het voorjaar en overschat de watertemperatuur in het najaar.



Figuur 5.1 Langjarig gemiddelde dagtemperatuur (in graden Celcius)

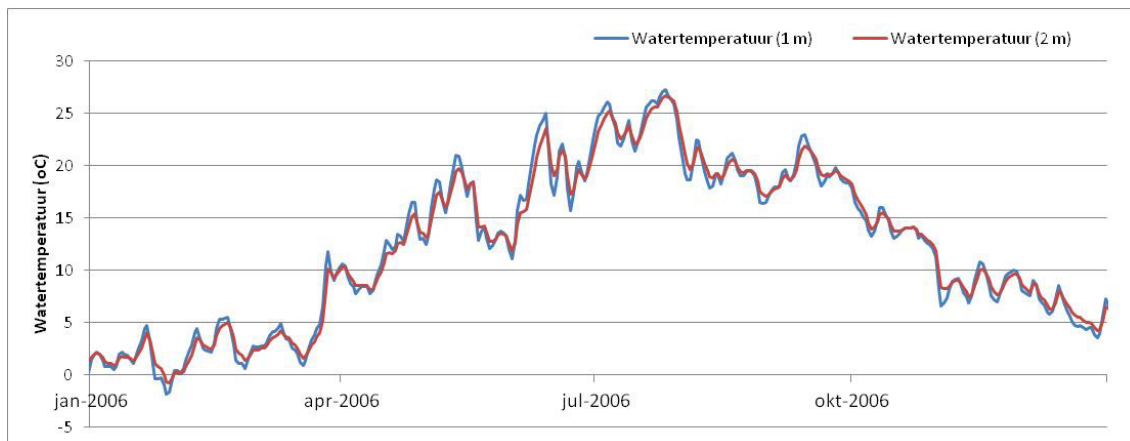
Wanneer we niet kijken naar de langjarig gemiddelde waarden (zoals in Figuur 5.1), maar naar de berekende dagwaarden per jaar, zien we grotere verschillen ontstaan in de watertemperatuur. In Figuur 5.2 staat dit weergegeven voor het jaar 2006. Het verschil in watertemperatuur tussen één en twee meter waterdiepte bedraagt maximaal +/- 2 °C. In het voorjaar en in de zomer (maart - juli) is de temperatuur bij één meter waterdiepte doorgaans hoger; in het najaar (vanaf augustus) is de temperatuur bij twee meter waterdiepte juist hoger. De ecologische gevolgen hiervan zijn niet goed in te schatten: niet alleen algen, maar ook waterplanten kunnen profiteren van een hogere watertemperatuur. De watertemperatuur is dus van invloed op de competitie tussen algen en waterplanten. Op voorhand is niet aan te geven in wiens voordeel een hogere temperatuur zal werken.

Volgens de normen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) voor het watertype "Ondiepe (matig grote) gebufferde plassen" (M14) mag de daggemiddelde watertemperatuur maximaal 25 °C bedragen voor een goede ecologische toestand¹. Volgens de uitgevoerde berekeningen over de meteorologische periode 2001-2015 wordt deze norm bij een waterdiepte van twee meter op 40 dagen overschreden (gemiddeld twee à drie dagen per jaar). Bij een waterdiepte van één meter wordt de norm op 85 dagen overschreden (gemiddeld vijf á zes dagen per jaar). In 2006 werd de norm bovengemiddeld vaak overschreden, respectievelijk 12 en 15 dagen (Figuur 5.2). De watertemperatuur komt echter zelden ver boven de 25 °C uit, ook niet in andere jaren.

Een overschrijding van de norm wil niet zeggen dat er direct waterkwaliteitsproblemen optreden, zeker niet als een ecologische gezonde onderwatervegetatie aanwezig is. Wel zal het risico op bijvoorbeeld blauwalgenbloei toenemen, zeker aan het einde van de zomer. Het verschil in watertemperatuur bij één en twee meter waterdiepte is echter betrekkelijk gering; bij één meter waterdiepte wordt de norm slechts twee à drie dagen per jaar vaker overschreden. Daarom verwachten we geen sterke toename van waterkwaliteitsproblemen als gevolg van de iets hogere watertemperaturen bij een geringe waterdiepte. Bovendien is er juist een groot positieve effect van een geringe waterdiepte op de draagkracht van het watersysteem (als gevolg van veel betere

¹ Op dezelfde meetlat geeft een dagwaarde van 25-27,5 °C een matige kwaliteit, >27,5 °C ontoereikend en > 30 °C slecht.

lichtcondities voor waterplanten, zie paragraaf 4.3). We verwachten dat het mogelijke negatieve effect van een geringe waterdiepte (één meter) niet zal opwegen tegen het positieve effect.



Figuur 5.2 Berekende watertemperatuur per dag in 2006 (in graden Celcius)

De conclusie van deze analyse luidt dat:

- een waterdiepte van één meter tot een snellere opwarming van het water leidt dan een diepte van twee meter. Het verschil in watertemperatuur bedraagt maximaal circa twee graden Celcius;
- de norm van 25 graden Celcius enkele dagen per jaar wordt overschreden. Bij een waterdiepte van één meter wordt de norm iets vaker overschreden dan bij twee meter waterdiepte;
- de nadelen van ondiep water (namelijk een snellere opwarming) niet zullen opwegen tegen de voordelen van ondiep water (namelijk meer lichtinval voor waterplanten);
- de gebruikte watertemperatuur in de PCLake-analyses gemiddeld een goede benadering geeft van berekende watertemperatuur voor het Tussenwater;
- de analyse laat geen waardes zien boven de 30,0 graden Celcius waardoor een slechte waterkwaliteit op basis van temperatuur niet te verwachten is.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusie

De conclusie van dit onderzoek is dat er een reële kans is op een goede waterkwaliteit. Er kan niet worden uitgesloten dat de waterkwaliteit toch verslechterd of dat er periodiek overlast is door blauwalgen. Er zijn echter effectieve mitigerende maatregelen die kunnen worden ingezet om overlast door blauwalgen te voorkomen of om het watersysteem te 'resetten' naar een goede toestand.

Om inzicht te krijgen in de te verwachte waterkwaliteit van het Tussenwater is in deze studie de externe nutriëntenbelasting vergeleken met de draagkracht. De externe P- en N-belasting is in absolute zin vrij hoog, en wordt vooral veroorzaakt door watervogels. De draagkracht van het Tussenwater is ook hoog: dankzij keuzes in het ontwerp (gereduceerd natuurlijk peilbeheer en het aanbrengen van een zandlaag op de waterbodem) is de draagkracht fors toegenomen ten opzichte van het vorige ontwerp. Hierdoor ontstaat een robuust watersysteem met een reële kans op helder water met veel waterplanten. Desalniettemin signaleren we een risico, namelijk de kans op een troebele toestand zonder waterplanten. Dit kan optreden als in de startfase niet waterplanten, maar algen tot bloei komen. Deze toestand kan aanhouden indien de externe belasting ongeveer gelijk is aan de onderste kritische belasting.

Als in de startfase wel waterplanten tot ontwikkeling komen, kan deze toestand aanhouden. Doordat de externe belasting hoog is, kan wel woekering van waterplanten optreden. Er zal regelmatig gemaaid en gebaggerd moeten worden.

6.2 Aanbevelingen: maatregelen en monitoring

In deze paragraaf geven we aanbevelingen met betrekking tot maatregelen en monitoring van de waterkwaliteit. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen drie typen maatregelen:

- inrichtingsmaatregelen (gericht op risicobeperking door aanpassingen in het ontwerp);
- aandachtspunten voor de startfase van het watersysteem;
- mitigerende maatregelen (deze maatregelen kunnen als vangnet c.q. noodknop worden ingezet als de inrichtings- en startmaatregelen onvoldoende blijken te zijn).
-

Risicobeperking: inrichtingsmaatregelen

Het gesignaleerde risico (namelijk kans op een troebele toestand) moet zo goed als mogelijk beperkt worden. Hiervoor zijn aan de voorkant twee opties ('inrichtingsmaatregelen'):

1. reduceren van de externe nutriëntenbelasting (hoogste prioriteit). Hoe hoger de belasting, hoe groter de kans op waterkwaliteitsproblemen en hoe meer beheer noodzakelijk is om hiermee om te gaan. De belasting kan alleen substantieel verlaagd worden door de vogelaantallen te verminderen. Dit kan door het gebied minder aantrekkelijk te maken voor watervogels die een hoge nutriëntenbelasting veroorzaken. De inrichting moeten worden afgestemd op watervogels die gebonden zijn aan moeras en waterplanten.
2. vergroten van de draagkracht. De draagkracht is al sterk vergroot door het afdekken van de bodem met zand. Een andere, belangrijke maatregel is om de windinvloed te beperken. Dit kan door de diepteverdeling van de waterbodem op een slimme manier in te passen. Door op strategische plekken ondiepe zone's te creëren, wordt de windinvloed en

golfwerking verminderd. Hierdoor neemt de draagkracht toe en bovendien neemt hierdoor de aantrekkelijkheid van het gebied voor bepaalde watervogels af (zoals voor de aalscholver). Dit is een win-win situatie voor de waterkwaliteit en ecologische kwaliteit). Nog een andere maatregel om de draagkracht te vergroten is de ontwikkeling een moeraszone die ecologisch goed functioneert en door aanleg van geultjes in verbinding staat met het oppervlaktewatersysteem.

Kansen optimaliseren voor heldere begintoestand

Onder een heldere begintoestand wordt verstaan dat in het eerste jaar van het nieuwe watersysteem (zodra het systeem gescheiden is van het Markermeer) waterplanten gaan groeien die het water helder houden. De volgende maatregelen dragen bij aan een heldere begintoestand:

- In het eerste jaar (vanaf maart) een lager peil handhaven (bijvoorbeeld -0.8 mNAP, of ten minste het zomerpeil al vanaf maart instellen) en geen water inlaten vanuit het Markermeer. Als er eenmaal planten zijn gegroeid mag het peil naar het gewone zomerpeil van -0.6 mNAP, bij voorkeur gestuurd door neerslag en niet door inlaat. Als inlaat vereist is, dan geleidelijk inlaten en alleen met relatief schoon water. Hiervoor is het nodig om de kwaliteit van het inlaatwater te monitoren (zie verder onder kopje Monitoring).
- Door het aanbrengen van zand op de waterbodem op sommige plekken en door het afgraven van de huidige waterbodem voor verdieping op andere plekken zal een deel van de zaadbank van aquatische vegetatie verdwijnen. Dit kan de ontwikkeling van waterplanten remmen. In de praktijk is de verspreiding van waterplanten zelden een knelpunt, maar als 'no regret' maatregel kunnen waterplanten geënt worden. Dit kan door vegetatie (uit een schoning door het hoogheemraadschap in het najaar) in het Tussenwater uit te zetten. Dit is een vrij simpele en goedkope maatregel. Wel moet de maatregel met aandacht en kennis van zaken worden uitgevoerd (onder toezicht van een ecooloog).
- Tijdens de start van het groeiseizoen van waterplanten (maart-april) moet zo min mogelijk verstoring (lees: vertroebeling) optreden door werkzaamheden.
- Bij alle werkzaamheden moet worden voorkomen dat bodemmateriaal (zoals klei) in het Tussenwater terecht komt (door gebruik van afscherming of milieuknijpers).

Mitigerende maatregelen

Als er toch problemen optreden met de waterkwaliteit, zijn er nog diverse maatregelen denkbaar om de waterkwaliteit te verbeteren. Hiervoor is het belangrijk dat er voldoende sturingsmechanismen voorhanden zijn.

Bij een (zomerse) blauwalgenbloei:

- algenbloei uitspoelen door de verblijftijd te verkorten tot tien dagen of korter. Hiervoor is een gemaal nodig met voldoende capaciteit, of inzet van noodgemalen. Uitspoelen is symptoombestrijding en gaat gepaard met enkele nadelen. Zo zal de algenbloei niet direct verdwijnen en bovendien niet overal (in meer geïsoleerd liggende delen kan de bloei aanhouden) en worden daarnaast extra voedingsstoffen aangevoerd;
- er kan ook besloten worden om geen actie te ondernemen, bijvoorbeeld als weinig overlast wordt ervaren. Deze keuze zal afhankelijk zijn van de precieze toestand en wordt genomen in overleg met een ecooloog.

Bij een voortdurend troebele toestand (geen of nauwelijks waterplanten, veel (blauw)algenbloei) kan een combinatie van maatregelen worden ingezet om een omslag naar een heldere toestand te forceren. Welke maatregelen nodig zijn, hangt af van de precieze omstandigheden en kan niet op voorhand worden vastgesteld. Dit moet in samenspraak met een ecooloog worden vastgesteld. De volgende maatregelen zijn op voorhand denkbaar:

- visstandbeheer: verwijderen van grote bodemwoelende vis (brasem, karper) en vis die watervlooien eet (brasem, blankvoorn). Hierdoor wordt minder slib opgewerveld en neemt de graasdruk op algen toe. Deze maatregel kan ingezet worden als een hoge visstand het water troebel houdt. De maatregel wordt in het najaar of winter uitgevoerd. Bij een succesvolle uitvoering kunnen in het daaropvolgende jaar al weer planten groeien;
- baggeren: een sliblaag kan om verschillende redenen problemen veroorzaken en een troebele toestand promoten. Let op dat zo min mogelijk vertroebeling en andere verstoring van het ecosysteem optreedt;
- tijdelijke peilverlaging in het voorjaar: door al eerder (vanaf maart) het zomerpeil te handhaven (of een nog lager peil), krijgen waterplanten betere groeikansen.

Monitoring

Zodra het Tussenwater functioneert als een apart watersysteem (gescheiden van het Markermeer) is een goede monitoring belangrijk. Dit biedt inzicht in de ontwikkeling van de waterkwaliteit en de ecologische toestand. Bovendien houden we met de metingen vinger aan de pols en kan worden bepaald of en welke bijsturing nodig is en welke maatregelen daarvoor in aanmerking komen.

De volgende parametergroepen dienen gemonitord te worden:

- Algemene fysisch-chemische parameters: chloride, pH, EGV, temperatuur, doorzicht, nutriënten (fosfor totaal en fosfaat, stikstof totaal, nitraat en ammonium), zuurstof, macro-ionen (sulfaat, calcium etc.), zwevend stof (totaal zwevend stof en gloeirest), chlorofyl-a. De aanbevolen frequentie is tenminste maandelijks. Monitoring is nodig op ca. drie locaties in het Tussenwater en in het Markermeer nabij de inlaat.
- Waterplanten: in de eerste jaren driemaal per jaar grof in beeld brengen (schatting bedekkingspercentage): in het begin van het groeiseizoen (april-mei), halverwege (juni-juli) en aan het einde (augustus-september). Tevens dient bij iedere inventarisatie een diepte- en doorzichtmeting te worden uitgevoerd. Daarnaast eenmaal per jaar een uitgebreidere inventarisatie waarbij de waterplanten op soortniveau in beeld worden gebracht.
- Visstand: de visstand geeft een goede indicatie van de ecologische toestand van het watersysteem. Vooral in de beginfase is het daarom zinvol om regelmatig (jaarlijks) een visstandonderzoek uit te voeren. In geval van een troebele toestand is een visstandonderzoek nodig om te bepalen of afvissen een geschikte maatregel is.
- Bodemonderzoek: als er problemen optreden met de waterkwaliteit, kan bodemonderzoek gewenst zijn om meer grip te krijgen op de rol die de waterbodem speelt. Op voorhand verwachten we niet dat de waterbodem een probleem zal vormen. Door slibvorming, afkalving van oevers en andere (ecosysteem) processen kan de rol van de waterbodem in het ecosysteem echter veranderen.

7 Eis waterkwaliteit

De actuele eistekst aangaande de waterkwaliteit van het Tussenwater luidt: "Waterkwaliteit van het tussenwater dient voedselarm te zijn met helder water waarin waterplanten en weinig algenbloei (doorzicht > 1m)" (E-00185). De eis is in deze vorm echter niet concreet en bovendien niet goed meetbaar. In dit hoofdstuk is de eis geconcretiseerd. Dit is gedaan op basis van de uitkomsten van de analyses van de waterkwaliteit^{2, 3}.

In de uitgevoerde waterkwaliteitsanalyses is onderzocht of in het Tussenwater voldaan wordt aan de belangrijkste voorwaarden voor de groei van waterplanten en de ontwikkeling van een gezond ecosysteem. Hiervoor zijn de externe nutriëntenbelasting en de draagkracht van het watersysteem in beeld gebracht. Daarnaast is geïnventariseerd welke maatregelen voorhanden zijn om de waterkwaliteit te sturen. Op basis van deze gegevens is de gestelde eis geïnterpreteerd en meetbaar gemaakt. Hierbij is aanvullend gebruik gemaakt van de normen die zijn afgeleid voor het KRW-watertype "Ondiepe (matig grote) gebufferde plassen (M14)" (STOWA 2012, zie onderstaand kader). NB! Het Tussenwater zelf is geen KRW-waterlichaam; de KRW-normen zijn slechts als richtinggevend gebruikt.

Kaderrichtlijn Water

Voor de Kaderrichtlijn Water zijn voor een aantal diverse watertypen referenties en maatlatten opgesteld. Het Tussenwater komt het beste overeen met het watertype M14: Ondiepe (matig grote) gebufferde plassen. Enkele kenmerken van dit watertype: de waterbodem bestaat uit zand en/of klei, de verblijftijd is lang (orde grote: jaren) en er is een natuurlijke peilfluctuatie van enkele decimeters (STOWA 2012). Voor ieder KRW-watertype zijn maatlatten opgesteld met specifieke normen. Hiermee geeft een maatlat een beoordeling van een bepaald biologische kwaliteitselement voor een specifiek watertype. De maatlatten voor het watertype M14 zijn gebruikt als richtinggevend voor de normen voor het Tussenwater.

In het Tussenwater wordt geen voedselarm ecosysteem verwacht. Dit komt doordat de externe nutriëntenbelasting (fosfor, stikstof) in absolute zin hoog is, vooral als gevolg van aanvoer van nutriënten door watervogels. Het Tussenwater moet een aantrekkelijk gebied voor vogels zijn en daardoor is een hoge nutriëntenbelasting inherent aan dit watersysteem.

Door de hoge nutriëntenbelasting wordt een hoge productiviteit verwacht. In een goede toestand komt dit tot uiting in een hoge biomassa-productie door waterplanten: het totale bedekkingspercentage van submerse vegetatie bedraagt minimaal 25 procent. Bij de hoge nutriëntenbelasting past een soortenarme vegetatie waarbij slechts enkele soorten dominant zijn. Er worden daarom geen eisen gesteld aan de soortensamenstelling van de vegetatie.

In de goede toestand is algenbloei beperkt. De zomergemiddelde concentratie chlorofyl-a bedraagt maximaal 46 µg/l. Deze waarde komt overeen met de KRW-norm voor een matige toestand. Gezien de voedselrijkdom van het watersysteem is voor deze norm gekozen, en niet voor de

² memo Waterhuishouding Tussenwater, 17 juni 2016, documentnummer AMMD-000634

³ Verfijning analyse waterkwaliteit Tussenwater, 23 augustus 2016, documentnummer AMMD-001280 (dit rapport)

strengere KRW-norm van 23 µg/l voor een goede toestand. De soortensamenstelling is hierbij niet relevant: zowel hoge concentraties groenalgen als blauwalgen zijn ongewenst.

Het doorzicht hangt sterk samen met de aanwezigheid van algen en waterplanten, maar wordt ook beïnvloed door opwerveling van slibdeeltjes door vissen. Het doorzicht moet voldoende zijn voor de groei van ondergedoken waterplanten. Hierbij wordt de richtlijn gehanteerd dat het doorzicht minimaal 60 procent van de waterdiepte bedraagt (STOWA 2015). Bij een waterdiepte van 1 meter is dan een doorzicht vereist van minimaal 60 cm.

Onderstaande tabel geeft per parameter (waterplanten, algen en doorzicht) de meetbare eis en de onderbouwing daarvan. De eisen hebben betrekking op het zomerhalfjaar: dit zijn de maanden april tot en met september.

Tabel 7.1 Concretisering eisen waterkwaliteit

parameter	meetbare eis	onderbouwing
waterplanten (submerse vegetatie)	> 25 procent bedekking (in het zomerhalfjaar)	veel waterplanten door hoge productiviteit; norm conform goede toestand KRW-maatlat M14
algen (chlorofyl-a)	< 46 µg chlorofyl-a/l (zomergemiddelde concentratie)	norm conform matige toestand KRW-maatlat M14
doorzicht (Secchi)	zomergemiddeld doorzicht > 60 procent waterdiepte (bij 1 meter waterdiepte; minimaal 60 cm doorzicht)	voorwaarde voor groei van ondergedoken waterplanten (STOWA 2015)

8 Literatuur

- Janse, J.H., M. Scheffer, L. Lijklema, L. Van Liere, J.S. Sloot & W.M. Mooij, 2010. Estimating the critical phosphorus loading of shallow lakes with the ecosystem model PCLake: Sensitivity, calibration and uncertainty. *Ecological Modelling* 221: 654-665.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), 2016. Bestrijding van inheemse muggen in Nederland. Mogelijkheden en uitdagingen. RIVM Rapport 2016-0004.
- RIZA, 2002. Muggen & Knutten. Vooroordelen en misverstanden, waar- en onwaarheden, vóórkomen en voorkómen.
- STOWA, 2015. Ecologische Sleutelfactoren voor het herstel van onderwatervegetatie. Toepassing van de Ecologische Sleutelfactoren in de praktijk. STOWA-rapportnummer 2015-17
- STOWA, 2007. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015 - 2021. STOWA-rapportnummer 2012-31.
- Verdonschot, P.F.M., 2009. Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1856.