

EVALUATIE BOVENWATER 2008-2010

WATERSCHAP ZUIDERZEELAND

15 februari 2011
075345215:0.1
C01012.100090/SD



Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	5
2	Weer en beheer	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Weersomstandigheden	6
2.3	Peilbeheer	8
2.4	Maaibeheer	9
2.5	Actieve bestrijding van blauwalgen	11
2.6	Baggeren	11
2.7	Reacties en klachten	11
3	Resultaten monitoring	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Nutriënten	12
3.3	Doorzicht	14
3.4	Fytoplankton	16
3.5	Vegetatie	20
4	Water- en stofbalans	22
4.1	Inleiding	22
4.2	Waterbalans	22
4.3	Concentraties	23
4.4	Stofbalansen	23
4.5	Nutriëntenbelasting	24
5	Quickscan effecten verdiepen Bovenwater	26
5.1	Geohydrologische effecten	26
5.1.1	Bodemopbouw	26
5.1.2	Hydrologische situatie	28
5.1.3	Effecten op de geohydrologie	29
5.2	Globale kostenraming	30
6	Discussie	31
6.1	Ecologische ontwikkelingen	31
6.2	Verklaring van de ecologische ontwikkelingen	32
6.3	Ligging kritische belasting	33
6.4	Effecten van verdiepen	34
6.5	Toekomstscenario's/ beheervarianten	35
6.5.1	Scenario's	35
6.5.2	Afweging	37

7 Conclusies en aanbevelingen	38
7.1 Conclusies	38
7.2 Aanbevelingen	39
8 Literatuur	41
Bijlage 1 Globale kostenraming verdieping Bovenwater	42
Colofon	43

HOOFDSTUK 1 Inleiding

1.1

AANLEIDING

Sedert 2003 evalueren Waterschap Zuiderzeeland en gemeente Lelystad de maatregelen die zijn opgenomen in het beheeradvies bovenwater van ARCADIS in 2003. De laatste evaluatie is uitgevoerd over de jaren 2006 en 2007. Waterschap Zuiderzeeland en de gemeente Lelystad hebben de behoefte om de monitoringsresultaten over de periode 2008-2010 integraal te evalueren om van hieruit te kunnen destilleren welke optimalisatie in de maatregelen en het beheer te behalen is.

Achtergrond

In het Bovenwater worden sinds 2003 de waterplanten op een bepaalde diepte gemaaid. De reden hiervoor is het meer bevaarbaar te houden vanwege de zeilsport. Voorheen werden de waterplanten bestreden door de bodem te vegen. Het resultaat daarvan was dat er regelmatig overmatige groei van algen, waaronder blauwalgen, optrad wat overlast veroorzaakte bij bewoners en recreanten. Ook voor de functie van het Bovenwater als zwemwater is het optreden van bloei van blauwalgen een aandachtspunt.

Omdat het maaien op een bepaalde diepte een nieuwe beheersvorm is, wordt het resultaat ervan via monitoring onderzocht. Van de monitoring van de jaren 2003 tot en met 2005 zijn aparte rapportages verschenen (ARCADIS, 2004 en 2005). Vervolgens is in 2008 een evaluatie van de monitoring door ARCADIS uitgevoerd van de jaren 2006 en 2007 (ARCADIS, 2008). In voorliggend rapport worden de resultaten van de monitoring van 2008, 2009 en 2010 gepresenteerd en geïnterpreteerd.

Werkzaamheden

Voor de interpretatie van de monitoringsresultaten wordt het gevoerde beheer omschreven, worden de weersomstandigheden in kaart gebracht en worden stikstof- en fosfaatbalansen opgesteld. Deze balansen zijn ook in de rapportages van voorgaande jaren opgenomen. Met stikstof- en fosfaatbalansen wordt inzicht verkregen in de sturende factoren voor het functioneren van het ecosysteem.

Ook wordt een quickscan naar de effecten van verdiepen van het Bovenwater op gebied van (geo)hydrologie en kosten. Uitdiepen wordt in het beheeradvies van 2003 als een effectieve maatregel beoordeeld.

1.2

DOEL

De doelen van voorliggende rapportage zijn als volgt:

- Het presenteren van de monitoringsresultaten van 2008, 2009 en 2010.
- Quicksan naar effecten en kosten van verdiepen.
- Conclusies en aanbevelingen met betrekking tot het toekomstig beheer.

1.3

LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 zullen eerst de omstandigheden in 2008, 2009 en 2010 omschreven worden die van invloed zijn op het functioneren van het ecosysteem. Het gaat hierbij om de weersomstandigheden en het uitgevoerde beheer, waarbij ook een overzicht wordt gegeven van klachten.

In hoofdstuk 3 worden de monitoringsresultaten van 2008, 2009 en 2010 gepresenteerd. Dit zijn de resultaten van de fysisch-chemische waterkwaliteit, van de algenpopulatie en van de vegetatie. Hierbij worden zoveel mogelijk ook resultaten uit de periode 2003-2007 gepresenteerd.

In hoofdstuk 4 worden de stikstof- en fosfaatbalansen gepresenteerd. Voor het opstellen van stofbalansen is het nodig eerst waterbalansen op te stellen. Dit wordt als eerste in het hoofdstuk gepresenteerd. Vervolgens worden de concentraties van stikstof en fosfaat in de verschillende waterstromen gepresenteerd. Tenslotte kunnen de stofbalansen opgesteld worden. Ook hierbij zijn de resultaten van 2003-2007 meegenomen.

In hoofdstuk 5 worden resultaten van de quickscan naar de effecten van het verdiepen van het Bovenwater gepresenteerd. De geohydrologische effecten en de verwachte kosten zijn in de quickscan bepaald.

In hoofdstuk 6 worden de resultaten besproken. Er wordt getracht de ontwikkelingen van het ecosysteem (fysisch-chemisch, biologisch) te verklaren aan de hand van het gevoerde beheer en de weersomstandigheden. Hierbij wordt ook teruggekeken naar de periode vanaf 2003, toen begonnen is met het alternatieve maaibeheer.

In hoofdstuk 7 tenslotte, worden de conclusies samengevat en worden aanbevelingen voor het beheer in de toekomst gegeven.

HOOFDSTUK 2 Weer en beheer

2.1

INLEIDING

De groei van algen en waterplanten is afhankelijk van de weersomstandigheden en van het gevoerde beheer.

Weer

De weersomstandigheden zijn belangrijke factoren voor algen en waterplanten. Beiden hebben zon nodig. Daarom zijn gegevens over de straling van het KNMI gerapporteerd. De hoeveelheid neerslag is belangrijk vanwege de aanvoer van met name stikstof via de neerslag, maar ook vanwege de noodzaak om water vanuit het Markermeer in te laten, om het meer op peil te houden.

Beheer

Het maaien van waterplanten heeft natuurlijk direct effect op de planten zelf. Indirect heeft het maaien ook invloed op algen. Zowel voor algen als waterplanten zijn voedingsstoffen (stikstof- en fosfaatverbindingen) belangrijk voor de groei. Bij een goede ontwikkeling van waterplanten wordt een groot deel van de beschikbare nutriënten in de waterplanten opgeslagen, zodat er weinig nutriënten meer beschikbaar zijn voor algen. Ook hebben waterplanten een stabiliserend effect op de waterbodem zodat re-suspensie beperkt wordt. Daarnaast zorgen waterplanten voor invang van slibdeeltjes uit de waterkolom wat de lichthuishouding ten goede komt. Indien de waterplanten gemaaid worden, kunnen nutriënten weer beschikbaar komen en stopt de opname door waterplanten, waardoor er een grotere kans op algenbloei ontstaat.

Het Bovenwater wordt in de zomermaanden op peil gehouden door inlaat van water uit het Markermeer. Dit is relevant omdat met dit inlaatwater ook nutriënten aangevoerd worden waarmee de externe belasting in de zomermaanden groter wordt. Daarom worden ook de peilbeheersgegevens in dit hoofdstuk geïnterpreteerd.

Een specifiek onderwerp in dit hoofdstuk vormt het beheer met betrekking tot het bestrijden van drijfslagen van blauwalgen. Er zijn drijfslagen afgezogen met behulp van een zogenaamde kolkenzuiger; deze beheersmaatregel wordt ook in dit hoofdstuk beschreven.

2.2

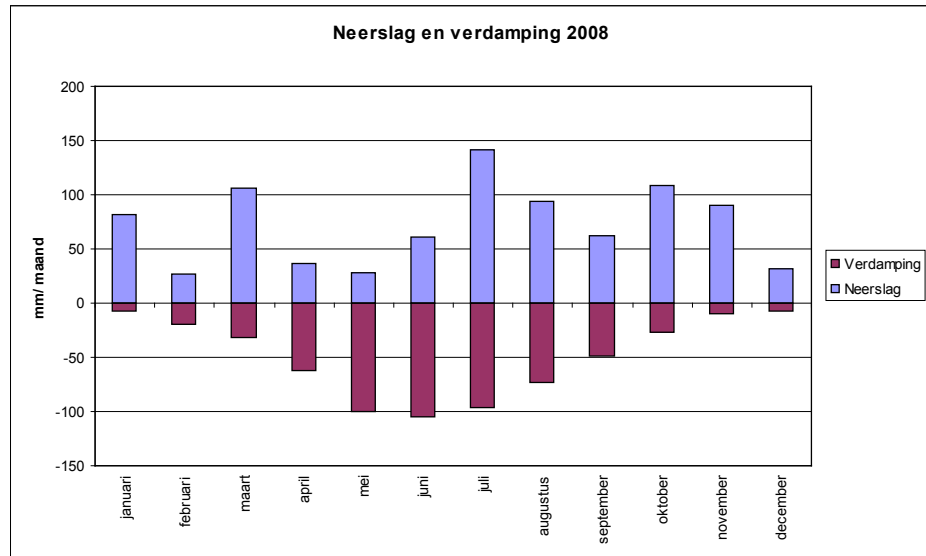
WEERSOMSTANDIGHEDEN

Neerslag

In figuur 2.1, 2.2 en 2.3 zijn de hoeveelheden neerslag en verdamping voor 2008 en 2009 en 2010 gepresenteerd. De gegevens zijn afkomstig van het KNMI, weerstation in Lelystad.

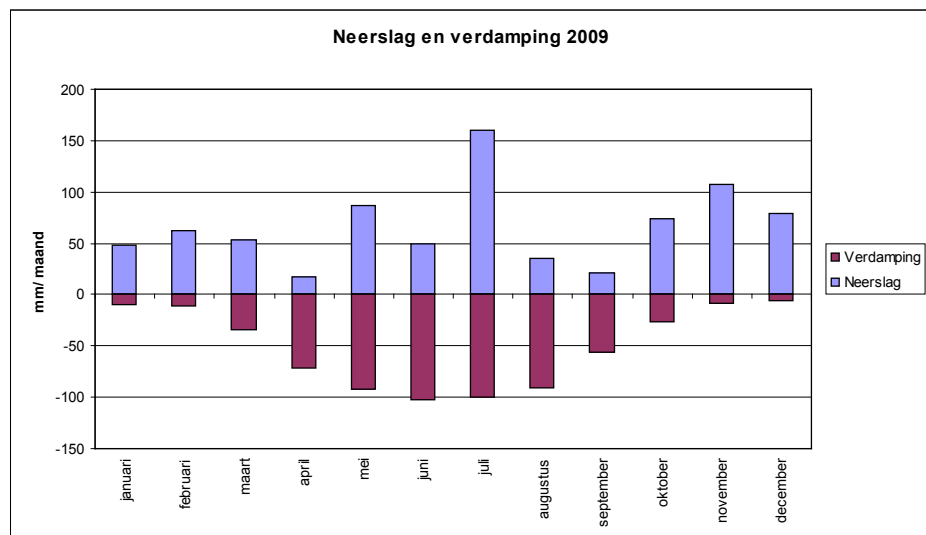
Figuur 2.1

Neerslag en verdamping, 2008.
Gegevens KNMI, Lelystad



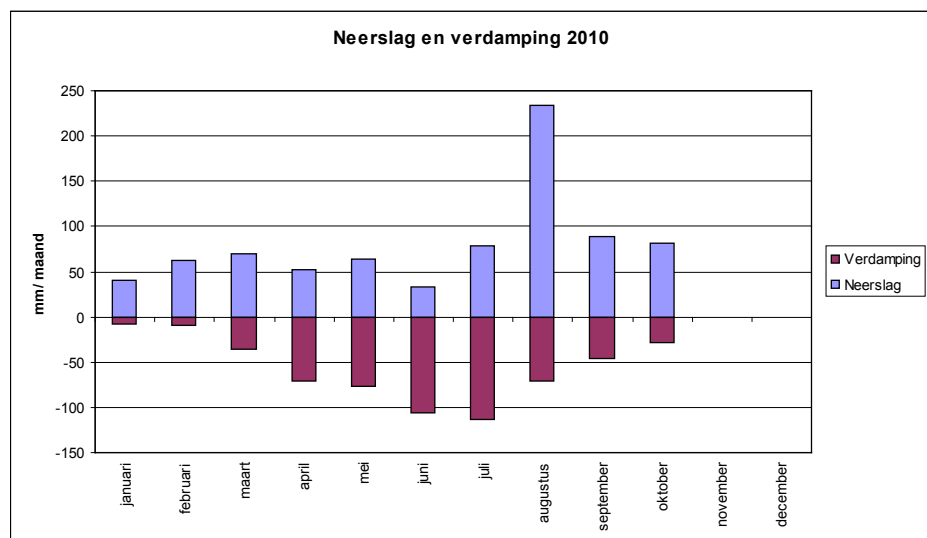
Figuur 2.2

Neerslag en verdamping, 2009.
Gegevens KNMI, Lelystad



Figuur 2.3

Neerslag en verdamping, 2010.
Gegevens KNMI, Lelystad



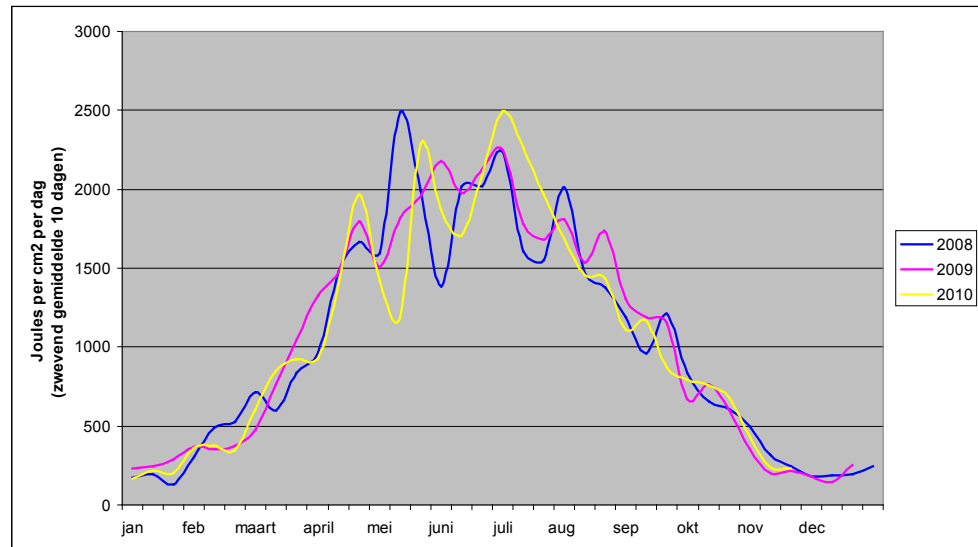
De jaren 2008 en 2009 zijn relatief droog in het voorjaar (verdamping > neerslag); de maand juli is in deze jaren daarentegen vrij nat. Het jaar 2010 is droog ten opzichte van 2008 en 2009, terwijl de hoeveelheid neerslag in augustus extreem groot is.

Zonnestraling

In figuur 2.4 is de globale straling zoals het KNMI dat meet weergegeven. De gegevens zijn van het weerstation in Lelystad en van de jaren 2008-2010. Vanwege de natuurlijke grote variatie in dagelijkse straling, is het zwevend gemiddelde over 10 dagen weergegeven.

Figuur 2.4

Globale straling over de jaren 2008-2010. Gegevens KNMI, Lelystad.



Uit de grafiek is het volgende af te leiden:

- 2008 had in mei relatief veel zonnestraling. De straling vertoont daar een forse piek en vervolgens in juni een periode met relatief lage straling.
- 2009 had in de zomer een lange periode met relatief hoge straling, weinig pieken maar ook weinig dalen, van april tot september continue een relatief hoge straling.
- 2010 had in de zomer veel perioden met hoge straling; de grafiek vertoont 3 keer een periode met hoge straling gevolgd door een periode van lage straling.

2.3

PEILBEHEER

Het peil op het Bovenwater wordt gereguleerd door een hevel en een stuw. Met behulp van de hevel wordt water ingelaten vanuit het Markermeer. Met behulp van de stuw wordt water afgelaten naar de Buizerdtocht (aan de westzijde van de woonwijk Hollandse Hout). Dit oppervlaktewater vormt een verbinding tussen het Bovenwater en de Lage Dwarsvaart. Voor de recreatievaart is een sluis aangelegd tussen de Lage Vaart en Hollandse Hout. Het gebruik van de sluis door de recreatievaart levert enig schutverlies op, vooral in het recreatieseizoen.

Het streefpeil voor het Bovenwater bedraagt -3 m NAP. Als het water lager komt dan -3,05 m NAP, wordt de hevel in werking gesteld en wordt water vanuit het Markermeer ingelaten totdat het waterpeil weer -3 m NAP bedraagt. Het waterpeil mag onder invloed van regenwater stijgen tot -2,95 m NAP.

Sinds circa 2007 wordt het peil beheerd op basis van een –ingemeten- peilschaal van het Waterschap. Voor die tijd werd gebruik gemaakt van peilschalen van de gemeente. Het ‘nieuwe’ peil ligt 5-10 cm lager dan voorheen.

Het streefpeil voor de Hollandse Hout bedraagt -5,10 m NAP. Als het waterpeil lager komt dan -5,15 m NAP, wordt water ingelaten vanuit het Bovenwater; bij een lager waterpeil zijn er regelmatig klachten over de vaardiepte vanuit de recreatievaart. Desondanks mag het waterpeil in de Hollandse Hout volgens het peilbesluit in principe zakken tot -5,25 m NAP.

Het beheer van de hevel en de stuw is geautomatiseerd. Het beheer van de hevel is in handen van het Waterschap Zuiderzeeland; de stuw wordt bediend door de gemeente Lelystad totdat de bediening door het Waterschap kan worden overgenomen. Door nauwere samenwerking tussen Waterschap Zuiderzeeland en gemeente Lelystad is het beheer van de stuw en de hevel de afgelopen jaren beter op elkaar afgestemd dan daarvoor.

Bij de hevel kan het dagdebiet van de afgelopen 10 dagen ter plekke worden afgelezen. Het totaaldebiet wordt met een aparte teller bijgehouden. Van de stuw worden geen debietgegevens bijgehouden. De berekening van de hoeveelheid in- en afgelaten water wordt in hoofdstuk 4 bij de waterbalansen besproken.

2.4

MAAIBEHEER

Voor 2008

In de periode 1978 tot 1996 werd er niet geveegd of gemaaid. De algenhoeveelheden waren in deze periode laag. In de jaren 1997 tot 2003 was er teveel vegetatie aanwezig om te kunnen zeilen. De gemeente Lelystad heeft een veegboot ingezet als maaimethode. Dit had algenbloei tot gevolg. Vanaf 2003 is de gemeente overgegaan tot knippend maaien op 1 meter onder het wateroppervlak in plaats van het vegen van de vegetatie. In 2007 is het maaibeheer geïntensiveerd na klachten vanuit de zeilvereniging. Dit is gedaan door meer materieel in te zetten en eerder te beginnen met maaien (begin mei in plaats van half mei).

2008-2010

Vanaf 2009 is aan de randen grotendeels niet gemaaid, zie de groene vlakken in afbeelding 2.1. In de rest van het Bovenwater zijn de fonteinkruiden weggemaaid in verband met de bevaarbaarheid. De maaidiepte is aangepast tot 80 cm onder de waterspiegel om voldoende te waarborgen dat de bodembedekkende kranswieren gespaard blijven bij maaiwerkzaamheden. Het maaisel werd geregeld opgeruimd door het opgewaaide drijvende plantenmateriaal langs de oevers te verzamelen met een boot. Daarbij werd de niet gemaaide vegetatie in de randzone alsnog verstoord en beschadigd.

In tabel 2.1 is het maaibeheer vanaf 2001 overzichtelijk samengevat. De actuele diepte van diverse meetpunten op het Bovenwater is weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.1

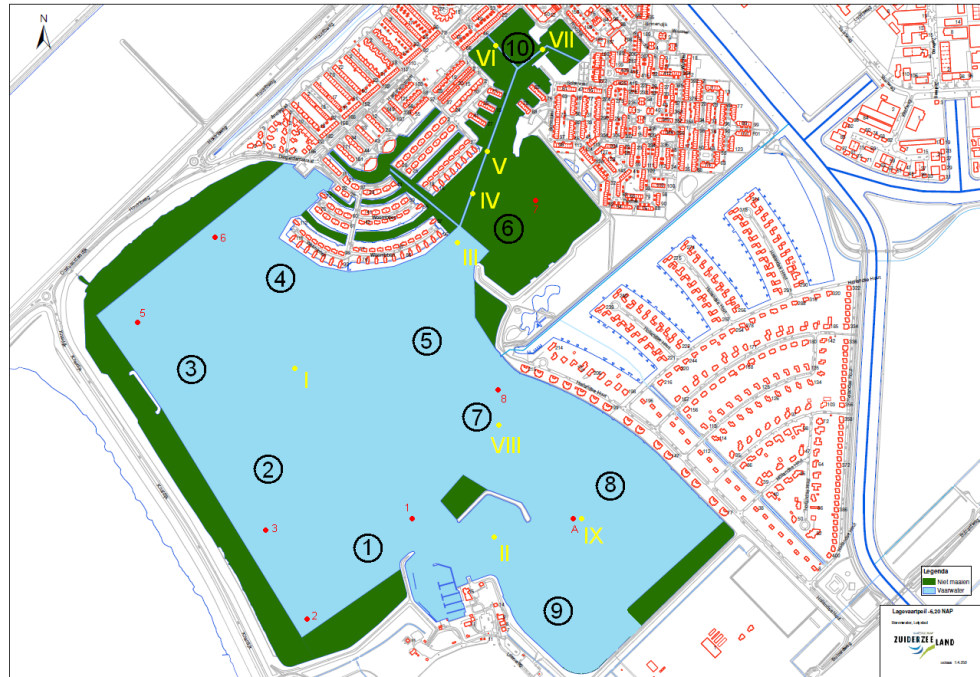
Maaibeheer 2001-2010

Jaar	Beheer waterplanten
2001	Vegen van de bodem
2002	Vegen van de bodem
2003	Maaien op 1 meter diepte
2004	Maaien op 1 meter diepte
2005	Maaien op 1 meter diepte

Jaar	Beheer waterplanten
2006	Maaien op 1 meter diepte
2007	Maaien op 1 meter diepte, eerder gestart
2008	Maaien op 1 meter diepte, eerder gestart
2009	Maaien op 0.8 meter diepte, randen niet maaien
2010	Maaien op 0.8 meter diepte, randen niet maaien

Afbeelding 2.1

Maaikaart Bovenwater met meetpunten (Maaikaart 2011)



Tabel 2.2

Diepte op meetpunten uit afbeelding 2.1 (metingen punten I-IX gedaan in 2010)

Meetpunten vegetatie	Waterdiepte (cm)	Meetpunten diepte	Waterdiepte (cm)
1	138	I	145
2	135	II	135
3	121	III	180
4	137	IV	170
5	147	V	165
6	166	VI	175
7	170	VII	195
8	147	VIII	165
9	134	IX	155
10	185		

Kosten

In tabel 2.3 wordt een overzicht gegeven van de kosten per jaar van het huidige maaibeheer. Het maaibeheer is door de gemeente Lelystad in een prestatiebestek gegoten. Hierdoor is er geen inzicht meer in gemaakte uren en ingezet materieel.

Tabel 2.3

Maaierwerkzaamheden en kosten per jaar (2008-2010)

Activiteit	Kosten
Kosten uren en materieel maaien bovenwater	ca. € 90.000,--
Extra werkzaamheden	ca. € 10.000,--
Totaal	ca. € 100.000,--

2.5

ACTIEVE BESTRIJDING VAN BLAUWALGEN

Voor 2008

In 2006 zijn in enkele inhammen tussen de bebouwing drijfslagen van blauwalgen geconstateerd. Deze zijn in de zomer van 2006 en 2007 als proef bestreden met de-icers. In 2007 zijn drijfslagen van blauwalgen vanaf begin juli (week 28) bestreden door ze af te zuigen. Het opgezogen mengsel is gezuiverd via een filter, bestaande uit een containerbak met gerstestro. Het effluent werd daarbij geloosd op het Bovenwater.

2008-2010

Blauwalgen hebben in de zomers van 2008, 2009 en 2010 enkele weken tot overlast geleid. Met name in de armen van 'de Weerribben' zijn drijfslagen ontstaan. De gemeente heeft op enkele dagen in 2010 de drijfslagen in de armen van 'de Weerribben', 'Belterwiede' en 'Beulakerwiede' weggezogen. Hierbij is viermaal een kolkenzuiger ingezet. De kosten hiervan bedroegen circa € 5.000,--. Indien de blauwalgen problemen zich voor blijven doen is dit een jaarlijks terugkerende kostenpost.

2.6

BAGGEREN

In de winter van 2008-2009 was de gemeente voornemens 'de Weerribben' en de kopse kant van de 'Beulakerwiede' en 'Belterwiede' te baggeren. Baggeren heeft door verwijdering van nutriëntenrijk slib en verdieping een positief effect op het optreden van overlast. Het baggeren is toen niet doorgegaan vanwege de lange vorstperiode. Inmiddels zijn de baggerwerkzaamheden wel uitgevoerd door de gemeente (afgerond december 2010).

2.7

REACTIES EN KLACHTEN

2008-2010

Van omwonenden bij het Waterschap zijn jaarlijks circa tien klachten over het Bovenwater geregistreerd. Het betrof klachten over blauwalgen (stank en drijfslagen), rietoverlast en aangespoeld maaisel.

HOOFDSTUK

3 Resultaten monitoring

3.1

INLEIDING

In 2008-2010 zijn maandelijks metingen van de fysisch-chemische waterkwaliteit uitgevoerd. Door bureau Koeman en Bijkerk is fytoplanktononderzoek gedaan in de jaren 2004-2008, in 2010 is het fytoplankton onderzoek uitgevoerd door het laboratorium van Waterschap Groot Salland. Tevens is in 2008 een vegetatieopname gedaan, deze wordt ook in dit hoofdstuk besproken.

3.2

NUTRIËNTEN

Voor de groei van algen en waterplanten is de hoeveelheid nutriënten een belangrijke parameter. Nutriënten zijn stoffen die nodig zijn voor metabolisme en fotosynthese van planten. Planten maken gebruik van macronutriënten (N, P, K, Ca, Mg en S) en micronutriënten (Fe, Mn, B, Cu, Mo, Zn en Si). De eerste twee macronutriënten zijn vaak de nutriënten die sturend zijn voor de groei van planten; deze zijn in het Bovenwater gemeten.

Het bovenwater is conform de Kader Richtlijn Water (KRW) ingedeeld als waterlichaam van het KRW type M14 (ondiepe, matige grote, gebufferde plassen). De GET (goede ecologische toestand) voor natuurlijke wateren van dit type is voor nutriënten vastgesteld op 0,08 mg P/l en 1,5 mg N/l (zomergemiddelde). De doelstellingen voor het Bovenwater (GEP, goed ecologisch potentieel) zijn vastgesteld op 0,2 mg P/l en 2 mg N/l. Voor toetsing aan deze normen wordt het gemiddelde van de metingen van de maanden uit het zomerhalfjaar (maanden april tot en met september) gebruikt. In tabel 3.1 zijn de zomergemiddelden weergegeven.

Tabel 3.1

Zomergemiddelden stikstof en fosfaat.

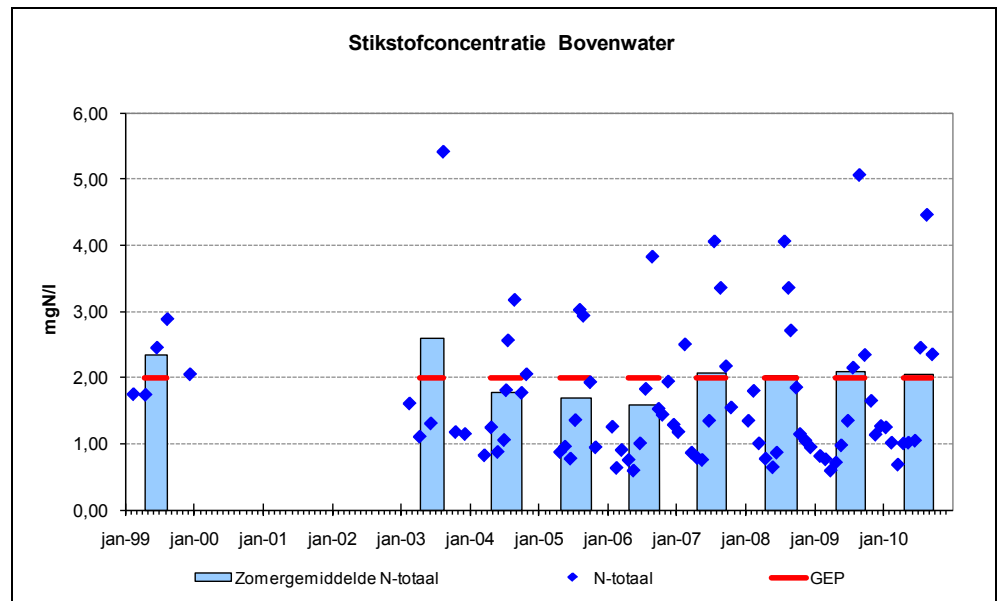
Stof	Eenheid	GEP	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Totaal stikstof	mg N/l	2	2,61	1,79	1,69	1,59	2,08	2,04	2,10	2,06
Totaal fosfaat	mg P/l	0,2	0,15	0,14	0,13	0,13	0,16	0,17	0,16	0,16

Te zien is dat de stikstof- en fosfaat-concentraties in het Bovenwater voldoen aan de doelstellingen voor fosfaat en (net) niet aan de doelstelling voor stikstof. De vrij hoge nutriëntengehaltes worden vooral bepaald door de inlaat van nutriëntenrijk water uit het Markermeer en het feit dat de nutriënten in de zomermaanden vooral worden opgenomen door de zwevende algen in de waterkolom in plaats van ondergedoken planten.

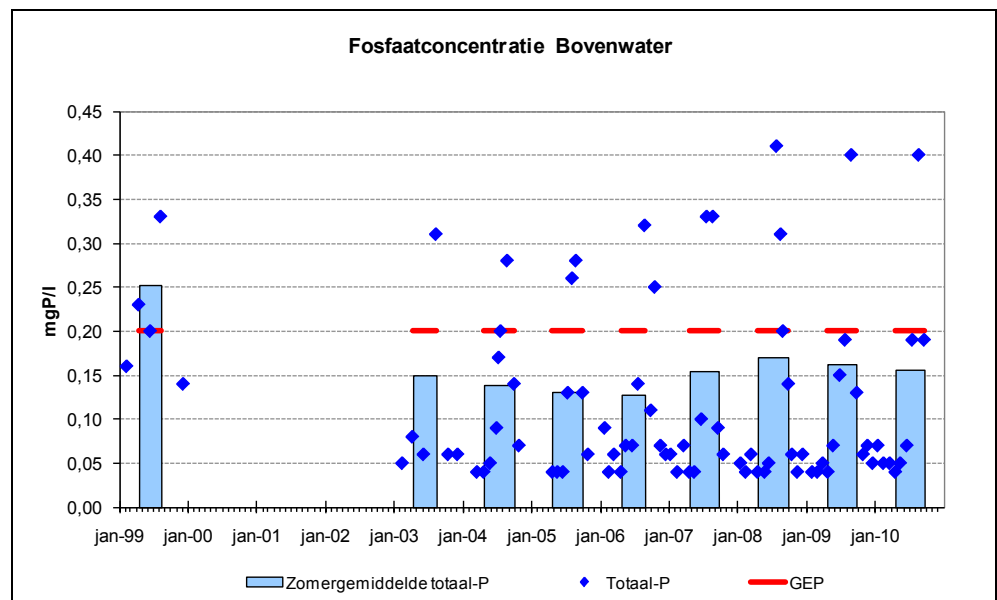
De ontwikkeling van het stikstofgehalte van 1999 en van de periode 2003-2010 is in figuur 3.1 gepresenteerd. De individuele waarnemingen van totaal-stikstof zijn als punten weergegeven. Het zomergemiddelde totaal-stikstof is als balk weergegeven. De rode lijnen geven de GEP waarde voor het zomergemiddelde van totaal-stikstof.

Figuur 3.1

Stikstofconcentraties in 1999
en 2003-2010

**Figuur 3.2**

Fosfaatconcentraties in 1999
en 2003-2010

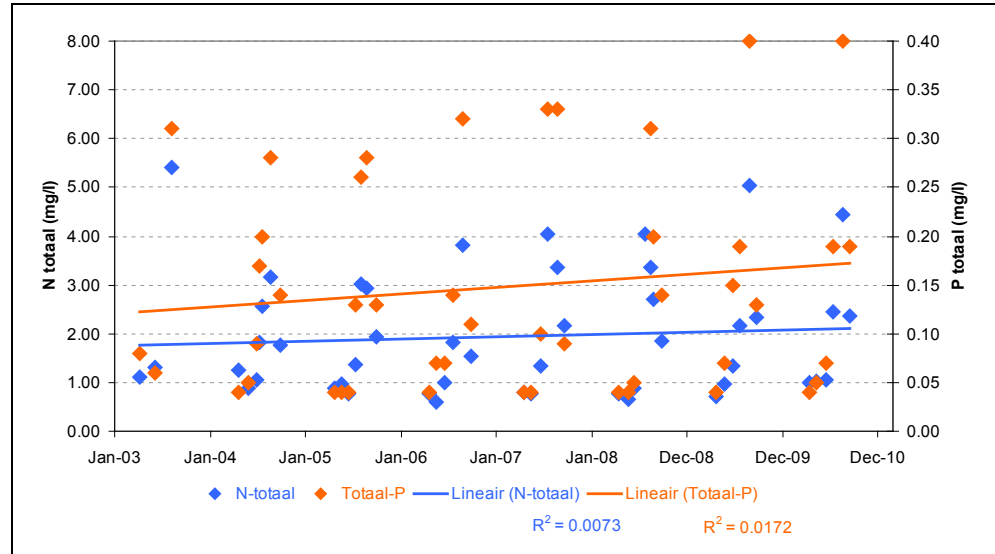


Het blijkt dat de eerste 4 jaren na het aangepaste maaibeheer in 2003 er een langzame daling in het zomergemiddelde van de concentraties totaal-stikstof en totaal-fosfaat optreedt (tabel 3.1). In 2007 lijkt deze trend te zijn doorbroken en is er sprake van hogere zomergemiddelde waarden.

In figuur 3.3 zijn de trendlijnen voor tN en tP over de periode 2003-2010 weergegeven. Daarbij zijn de correlatiecoëfficiënten (R^2 -waarden) weergegeven. De toename is niet significant.

Figuur 3.3

Trendlijnen zomergemiddelde concentraties stikstof en fosfaat over de periode 2003-2010



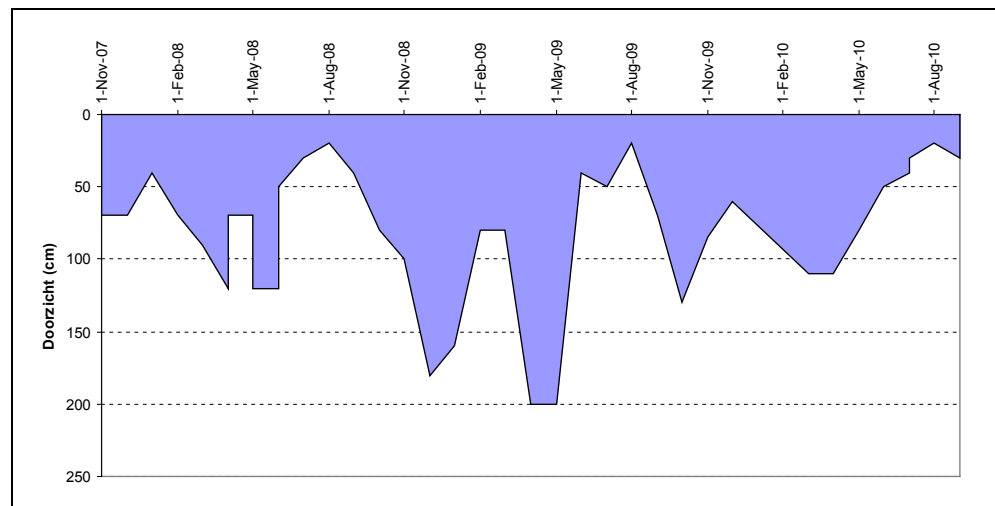
3.3

DOORZICHT

In figuur 3.4 is het doorzicht op het meetpunt van het Waterschap weergegeven van de jaren 2008-2010. Met name in 2009 is het doorzicht in het voorjaar groot geweest. In april en mei wordt een doorzicht van circa 200 cm gemeten. De helderheid neemt echter in juni beduidend af en in juli en augustus is het doorzicht erg slecht. In de zomer van 2010 is het doorzicht in het voorjaar over een lange periode ongeveer 1 meter geweest, het doorzicht is in de zomer van 2010 langzaam steeds minder geworden.

Figuur 3.4

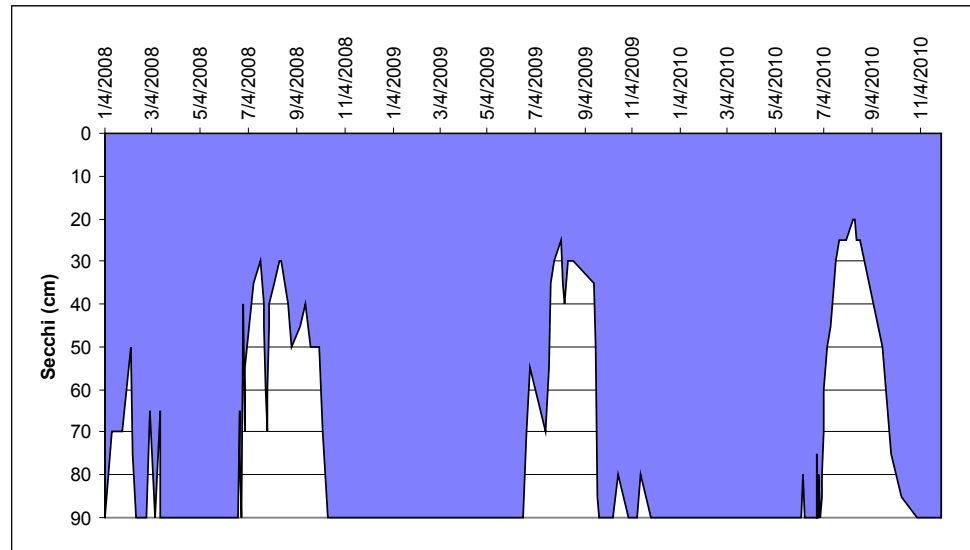
Doorzicht in 2008-2010 (in blauw). Let op de verticale schaal (doorzicht beneden wateroppervlak)



Door de heer Hosper (medewerker van de Waterdienst en bewoner van 'de Weerribben' aan het Bovenwater) zijn vanaf 2001 met een hoge frequentie metingen van het doorzicht uitgevoerd. De waterdiepte is op het meetpunt 90 cm, een waarde van 90 cm betekent bodemzicht. De resultaten van de jaren 2008-2010 zijn gepresenteerd in figuur 3.5. In de grafiek is te zien dat in januari en februari 2008 een minder heldere periode is geweest. Volgens observaties van de heer Hosper is dit veroorzaakt door re-suspensie door harde wind. De periodes van verminderd doorzicht in de zomers van 2008, 2009 en 2010 zijn duidelijk te zien en vertonen geen opvallende verschillen.

Figuur 3.5

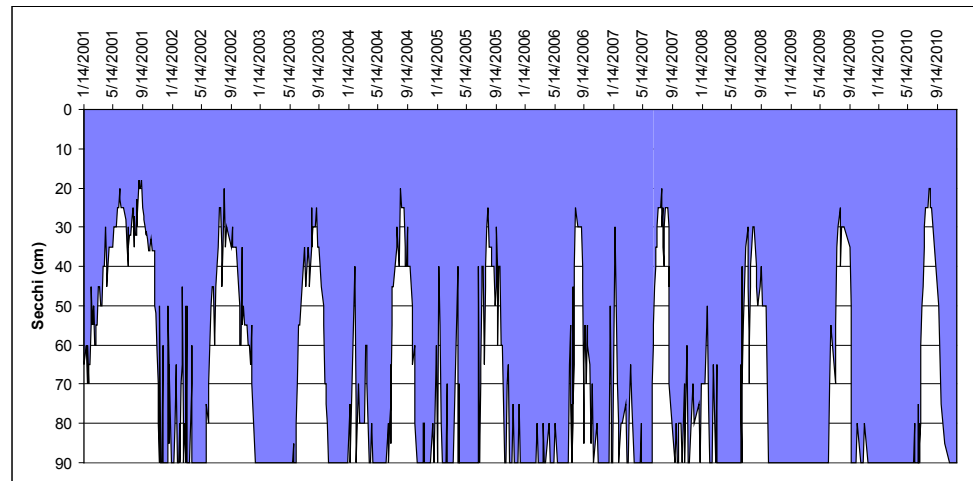
Doorzicht over de periode 2008-2010 (in blauw).
Gegevens van de heer Hosper, bewoner 'de Weerribben'



In figuur 3.6 is het doorzicht vanaf 2001 weergegeven. In 2001 is het water in de zomer niet helder geweest. In 2002 is het water in het begin van de zomer helder geweest, maar vanaf de inzet van de maaiboot in juni (waarbij de bodem toen nog geveegd werd), werd het water spoedig troebel. Vanaf 2003, toen begonnen is met maaien van de waterplanten boven de bodem, bleef het water voor een bepaalde periode in de zomer helder. Deze periode van helder water werd in de jaren 2003-2006 steeds langer (de witte pieken in de grafiek worden minder breed). Verder valt op dat in de winterperiode van 2008-2009 en 2009-2010 geen verminderde zichtdiepte is gemeten, vermoedelijk als gevolg van ijs.

Figuur 3.6

Doorzicht over de periode 2001-2010. Gegevens van de heer Hosper, Weerribben



In tabel 3.2 zijn per jaar de data gegeven waarop de omslag naar troebel water startte. Ook is kort het maai-beheer uit paragraaf 2.4 toegelicht. In 2007 tot 2010 is de omslag naar troebel water iets eerder in het seizoen opgetreden (juni in plaats van juli).

Tabel 3.2

Datum van omslag van helder naar troebel in de zomer

Jaar	Beheer waterplanten	Startdatum van omslag naar troebel water
2001	Vegen van de bodem	niet helder geweest
2002	Vegen van de bodem	5 juni
2003	Maaien op 1 meter diepte	21 juni
2004	Maaien op 1 meter diepte	9 juli
2005	Maaien op 1 meter diepte	14 juli
2006	Maaien op 1 meter diepte	19 juli
2007	Maaien op 1 meter diepte, eerder gestart	13 juni
2008	Maaien op 1 meter diepte, eerder gestart	24 juni
2009	Maaien op 0.8 meter diepte, randen niet maaien	13 juni
2010	Maaien op 0.8 meter diepte, randen niet maaien	30 juni (chlorofyl-a dip in augustus en tweede piek in september)

3.4

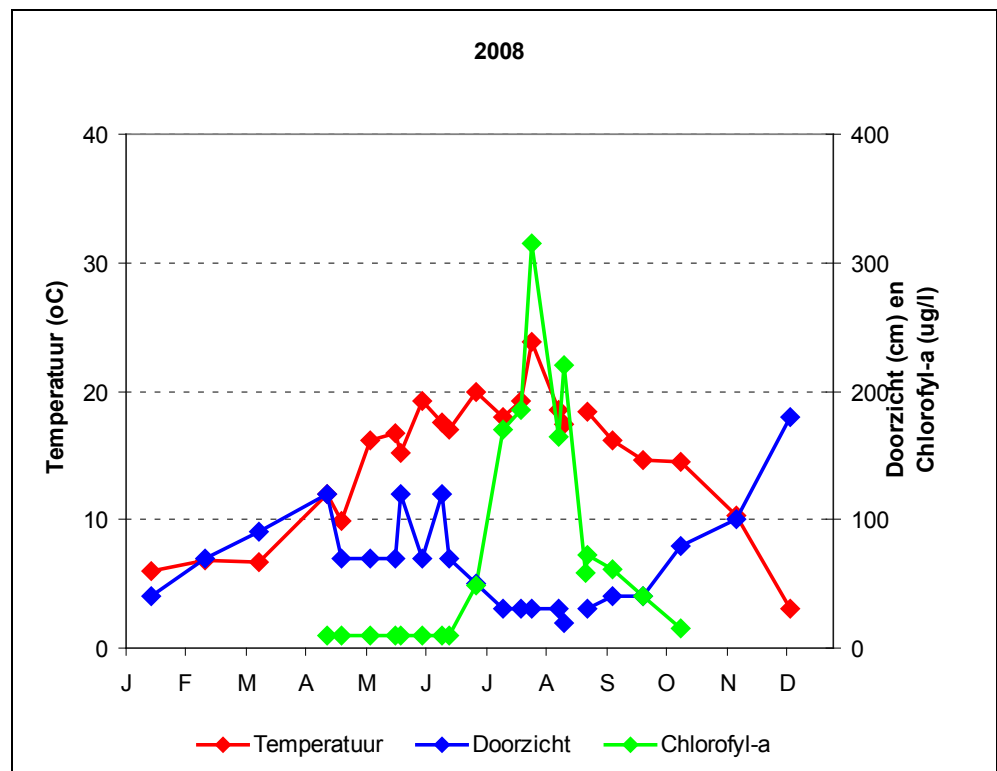
FYTOPLANKTON

Chlorofylconcentraties

In de figuren 3.7 t/m 3.9 zijn de chlorofylconcentratie in 2008, 2009 en 2010 weergegeven in relatie tot het doorzicht (metingen waterschap) en de watertemperatuur.

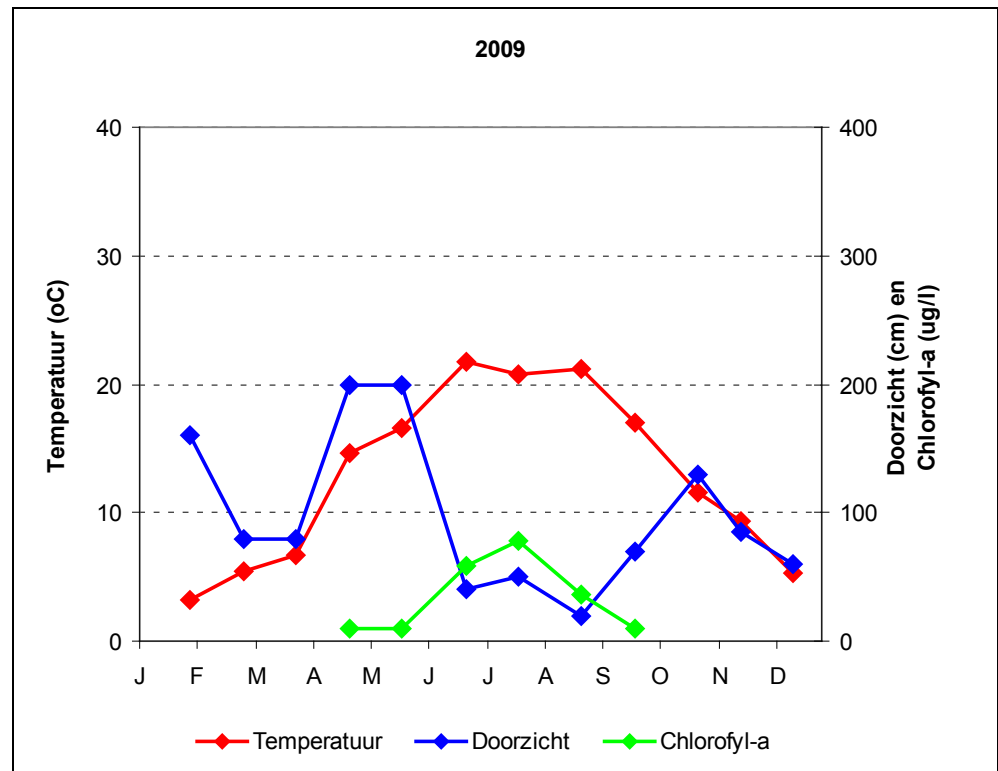
Figuur 3.7

Chlorofylconcentratie, doorzicht en watertemperatuur in 2008

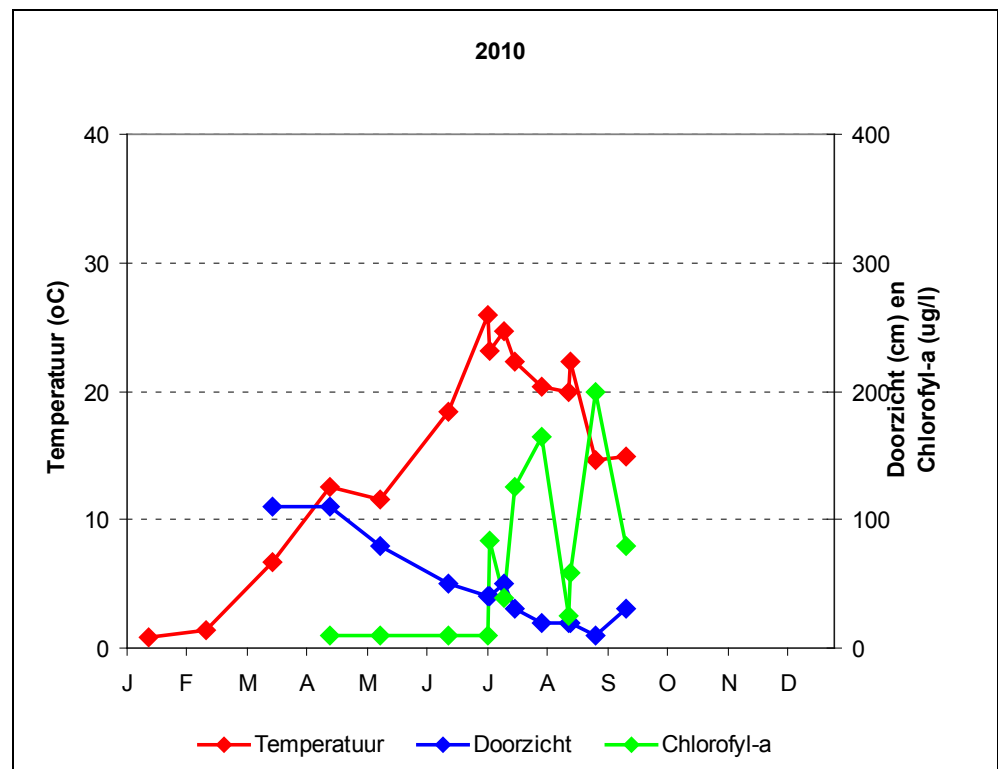


Figuur 3.8

Chlorofylconcentratie,
doorzicht en watertemperatuur
in 2009

**Figuur 3.9**

Chlorofylconcentratie,
doorzicht en watertemperatuur
in 2010

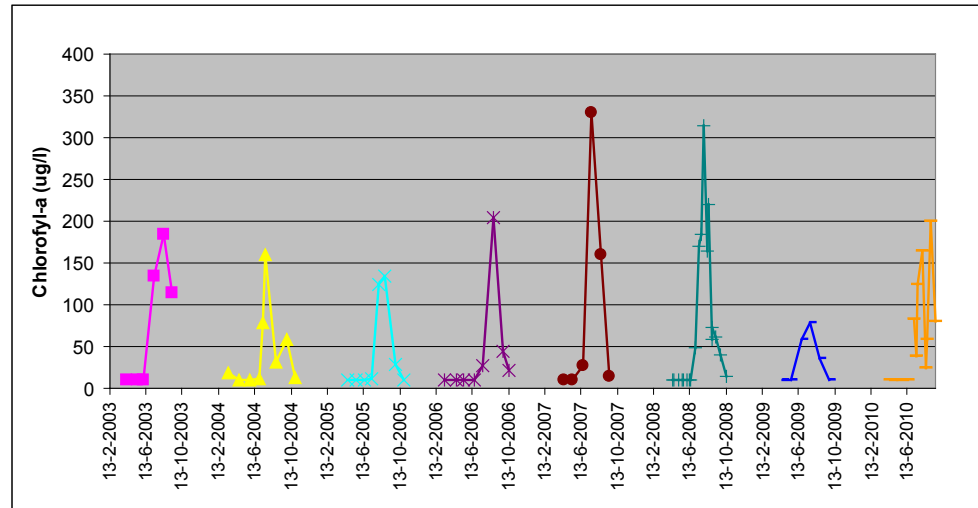


In 2008 is er in juli en augustus een piek waarneembaar in de chlorofylconcentratie. Deze piek valt samen met de piek in de watertemperatuur. De chlorofylconcentratie is in juli en augustus 2008 erg hoog. In 2009 is in dezelfde periode ook een piek in het chlorofyl waarneembaar, de concentraties zijn in 2009 echter aanzienlijk lager.

In 2010 verloopt de chlorofylconcentratie grilliger. Aan het einde van augustus vindt een chlorofyldip plaats, in september is echter weer een piek te zien met een top van 200 µg/l. De watertemperatuur is hier al flink is afgenomen.

Figuur 3.10

Chlorofyl-a over de periode
2003-2010



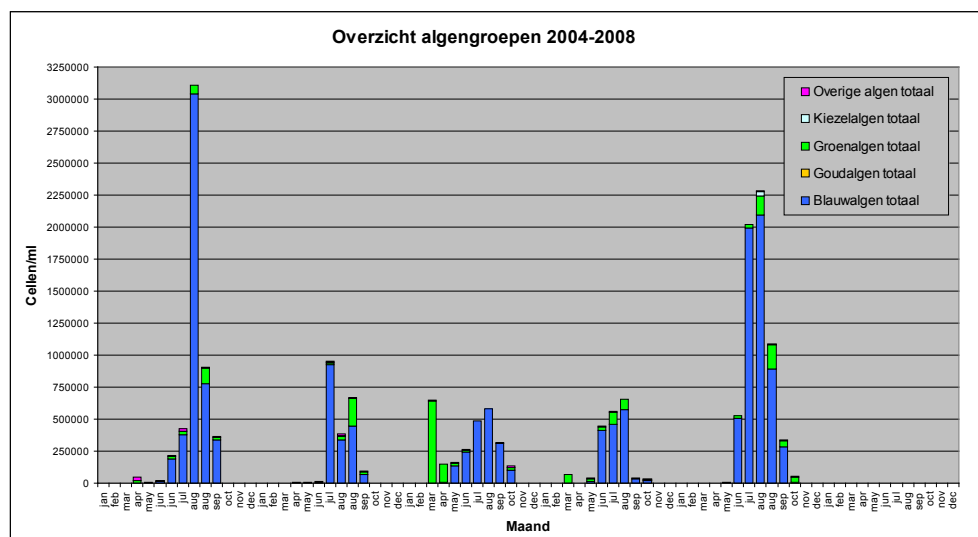
In figuur 3.10 is het verloop van de chlorofylconcentratie over de periode 2003-2010 weergegeven. Over het algemeen zijn de chlorofylconcentraties hoog, met uitschieters in 2007 en 2008. De zomerpiek in 2009 is opvallend laag. Dit hangt mogelijk samen met een lagere meetintensiteit in 2009 waardoor een piek kan zijn gemist.

Fytoplanktensamenstelling

In 2004-2008 en 2010 zijn 7 à 8 monsters van het fytoplankton genomen in de periode maart tot en met oktober en geanalyseerd op soortensamenstelling. In figuur 3.11 zijn de resultaten van de tellingen weergegeven op het niveau van hoofdgroepen (blauwalgen, goudalgen, groenalgen, kiezelalgen en overige algen). De gegevens uit 2010 bleken anders geteld te zijn (filamenten in plaats van celantallen): deze gegevens zijn niet weergegeven omdat deze niet vergelijkbaar zijn met de gegevens van 2004-2008. Met uitzondering van het vroege voorjaar van 2006 bestaat het fytoplankton voornamelijk uit blauwalgen. De waargenomen celantallen zijn erg hoog.

Figuur 3.11

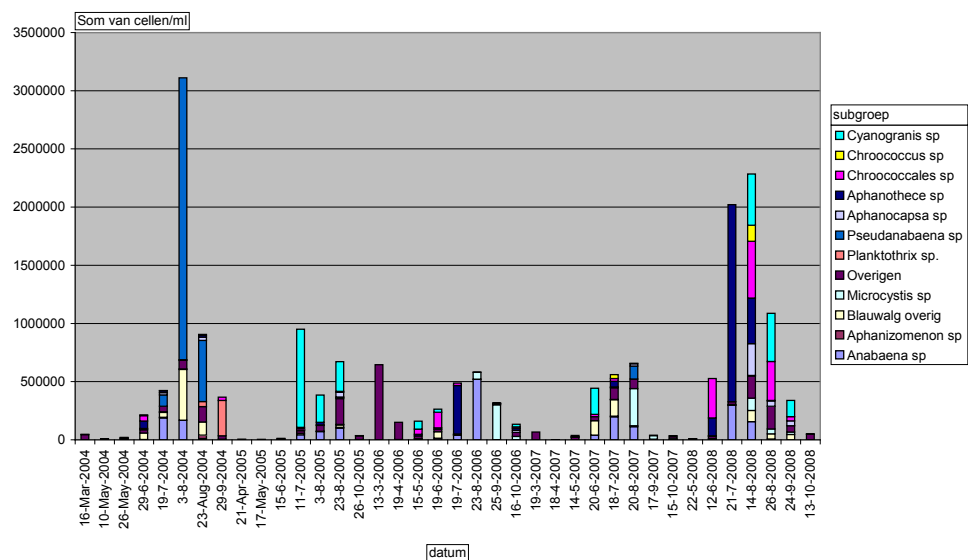
Algengroepen verdeling in de
zomermaanden van 2004-
2008



In figuur 3.12 is de samenstelling van blauwalgen nader uitgesplitst. Uit de figuur blijkt duidelijker dat er niet één soort domineert in de opeenvolgende jaren. De piek in 2004 wordt gedomineerd door *Pseudanabaena* species. *Pseudanabaena* is een geslacht van draadvormige cyanobacteriën die vaak in associatie met het geslacht *Microcystis* voorkomt. In 2005 zijn *Cyanogranis* species dominant. Het geslacht *Cyanogranis* wordt gekenmerkt door losse ronde en soms ovale cellen die al dan niet geclusterd in kleurloos slijm zijn ingebed. Dit geslacht komt voor in kleine vijvers en plassen. Er is weinig over bekend over dit geslacht en de toxiciteit ervan. In 2006 is geen dominantie van één soort waarneembaar maar worden de afzonderlijke monsters gedomineerd door *Aphanothece*, *Anabaena* en *Microcystis* species. Het geslacht *Aphanothece* is wijdverspreid en de soorten zijn vaak gelimiteerd door zeer specifieke omstandigheden. De cellen die ovaal tot cilindrisch zijn kunnen los voorkomen maar vaak vormen ze macroscopische kolonies die enkele centimeters in diameter kunnen zijn. Deze kolonies kunnen dichte matten op substraat en water vormen. *Anabaena* is een geslacht van draadvormige cyanobacteriën dat bekend staat om stikstoffixatie en het vormen van symbiotische relaties met bepaalde planten zoals de grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*). *Anabaena* is één van de vier geslachten die neurotoxines produceren die schadelijk zijn voor flora en fauna. Momenteel wordt er vanuit gegaan dat de neurotoxines als inbreng in de symbiotische relaties met planten bescherming biedt. *Microcystis* vormt micro- of macroscopische kolonies en vertoont soms hevige bloei. Dit geslacht is kenmerkend voor eutrofe wateren en de verspreiding is wereldwijd. *Microcystis* komt voor in stilstaand en stromend water. In 2007 is geen enkele soort dominant. In 2008 is dit voor het merendeel van de monsters ook het geval. Het monster genomen in juli 2008 wordt echter gedomineerd door *Aphanothece* species.

Figuur 3.12

Samenstelling blauwalgen
2004-2008

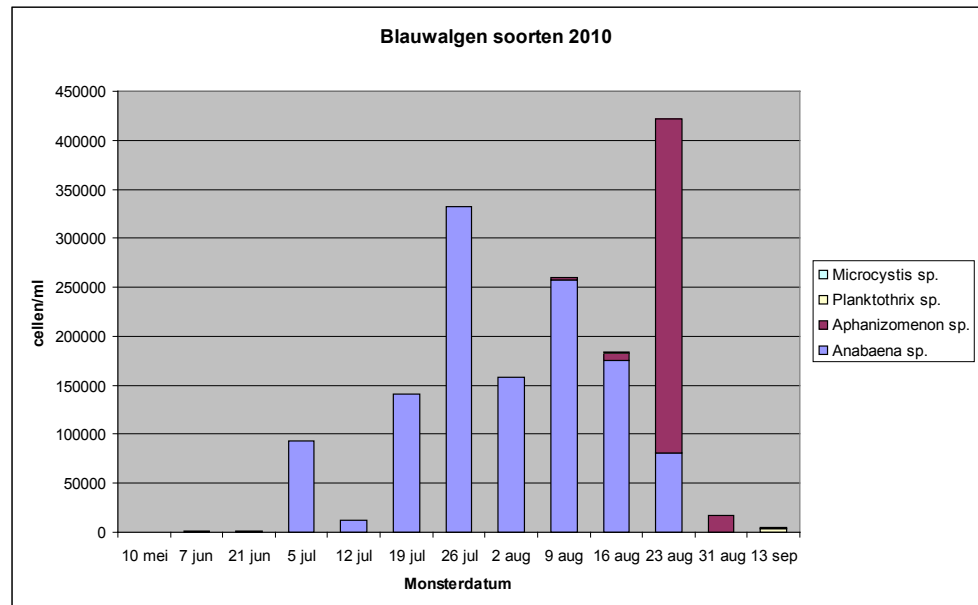


Zoals gemeld zijn de analyses van de monsters uit 2010 helaas niet vergelijkbaar met de analyses uit 2004-2008. Uit 2010 zijn echter wel blauwalgen celtellingen uitgevoerd in het kader van het zwemwaterprotocol dat in 2010 van kracht was. Deze celtellingen geven geen inzicht in de verhouding tussen de verscheidene algengroepen, maar wel inzicht in het voorkomen van potentieel toxische blauwalg-soorten. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.13.

De waargenomen cel aantallen zijn erg hoog: in 2010 is 6 dagen een negatief zwemadvies afgegeven. In 2008 en 2009 werd door de Provincie een waarschuwing afgegeven.

Figuur 3.13

Blauwalgensoorten 2010



In 2010 wordt de blauwalgen populatie tot half augustus gedomineerd door *Anabaena sp.* Vervolgens is de dominantie overgenomen door *Aphanizomenon sp.* Het geslacht *Aphanizomenon* vormt filamenteuze drijvende kolonies, tot 2 cm lang. Dit geslacht is door middel van ruimtes in de cellen gevuld met gas in staat zich te bewegen in de waterkolom. Soms komt hevige bloei voor, het geslacht is wijdverspreid in eutrofe wateren.

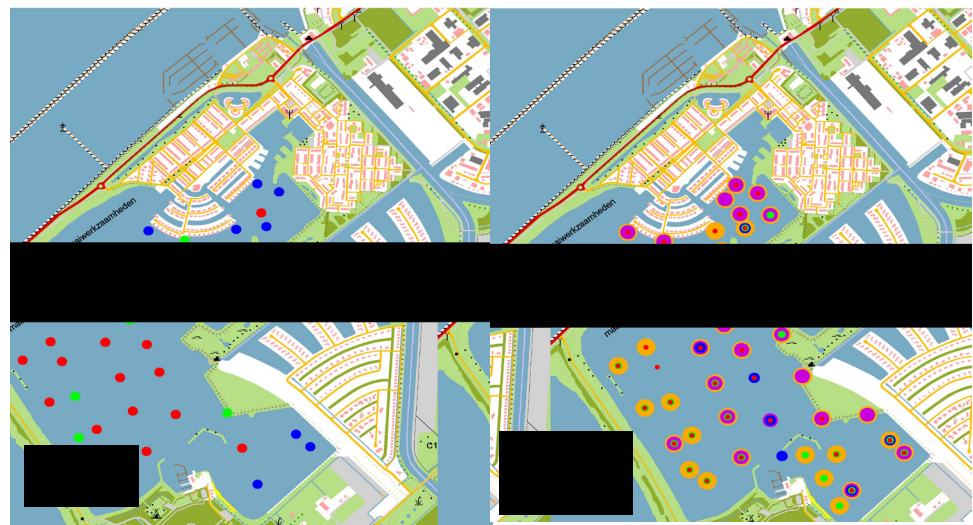
3.5

VEGETATIE

Vegetatieopnamen hebben in 2006 en 2007 eenmaal plaatsgevonden en wel op 15 mei 2006 en 20 juli 2007. In 2008 is wederom een vegetatieopname uitgevoerd. In onderstaande figuur is de opname van 2008 weergegeven. In figuur 3.15 zijn de resultaten voor kanswieren van 2006 en 2007 weergegeven.

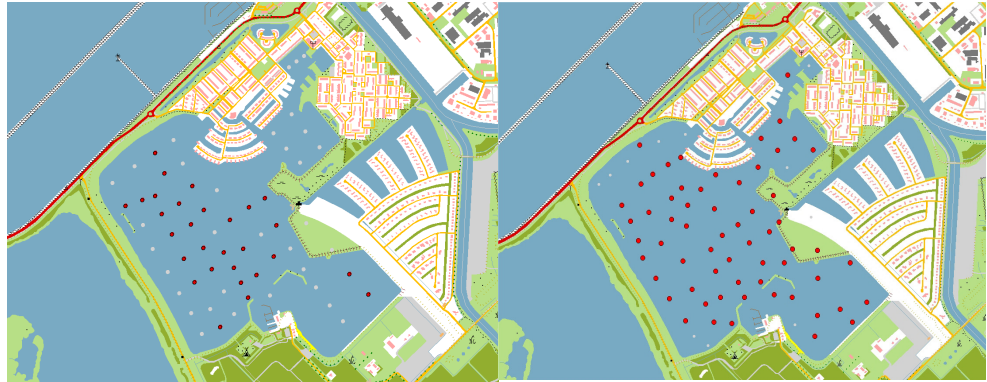
Figuur 3.14

Vegetatieopname 2008, links kranwieren bedekking en rechts overzicht van de hele opname



Figuur 3.15

Kranswieren verspreiding in 2006 (links) en 2007 (rechts). (Rode stippen: kranswier aangetroffen)



Helaas is in 2008 voor een andere weergavemethode gekozen dan in 2006 en 2007 waardoor de gegevens moeilijk te vergelijken zijn. In ieder geval kan geconcludeerd worden dat in 2008 net als in 2007 over vrijwel de gehele plas kranswieren aangetroffen worden. In het grootste deel van de plas is de bedekking van kranswieren hoog. In 2010 is er in het midden van de plas een goed ontwikkelde dichte kranswiermat ontstaan (pers. med. M. Hokken, Waterschap Zuiderzeeland). In voorgaande jaren kwamen hier nog wel fonteinkruiden doorheen.

Een hoog bedekkingspercentage van Kranswier wordt erg positief beoordeeld. Deze soort blijft van nature laag; de plant wordt niet groter dan circa 50 cm. Indien deze soort toeneemt en de concurrentie met de fonteinkruiden wint (die wel tot aan het wateroppervlak groeien), kan de intensiteit van het maaien verlaagd worden. In figuur 3.16 zijn voorbeelden van groeivormen van kranswieren en fonteinkruiden te zien.

Figuur 3.16

kranswier (links) en schedefonteinkruid (rechts)



HOOFDSTUK

4 Water- en stofbalans

4.1

INLEIDING

Een waterbalans geeft een overzicht van alle in- en uitgaande waterstromen van een watersysteem. Een stofbalans wordt berekend uit de combinatie van een waterbalans en gemiddelde concentraties van stoffen in de waterstromen van de waterbalans. Daarom wordt eerst de waterbalans besproken in paragraaf 4.1, vervolgens de concentraties van stikstof en fosfaat in de verschillende waterstromen in paragraaf 4.2 en tenslotte de stofbalansen voor stikstof en fosfaat in paragraaf 4.3. De balansen zijn opgesteld over de zomerhalfjaren, omdat deze perioden het meest kritisch zijn voor algen en waterplanten. Bij de water- en stofbalansen worden ook de resultaten van 2003-2007 gepresenteerd.

4.2

WATERBALANS

In tabel 4.1 is aangegeven op basis van welke bronnen of berekeningen de verschillende posten van de waterbalans zijn gebaseerd.

Tabel 4.1

Uitgangspunten waterbalansen
2008, 2009 en 2010

Post	In- of uitgaand	Berekening of bron
Neerslag	In	Gegevens KNMI, station Lelystad maandsommen
Verdamping	Uit	Gegevens KNMI, station Lelystad maandsommen
Dijkse kwel	In	Studie IWACO (IWACO, 1996); zelfde waarden als voorgaande jaren gebruikt
Aanvoer	In	Gegevens teller hevel 2010
Wegzijing en afvoer over stuw Hollandse Hout	Uit	Sluitpost van de balans

De gegevens van de teller zijn gebruikt om de totale hoeveelheid ingelaten water via de hevel te berekenen. Helaas zijn door het Waterschap alleen de tellergegevens van 2010 achterhaald. Voor de jaren 2008 en 2009 is de aanname is gedaan dat evenveel water is ingelaten als in 2010. Voor het overige zijn sinds 2007 geen wijzigingen in de waterhuishoudkundige inrichting of beheersing uitgevoerd zodat de in en uitgaande posten niet verandert zijn.

In tabel 4.2 is de waterbalans gepresenteerd. Hierin zijn ook de resultaten van 2003-2007 opgenomen. De waarden zijn in millimeters voor het zomerhalfjaar berekend. Voor zover nodig zijn gegevens daarvoor gesommeerd, of zijn debieten omgerekend naar millimeters, waarbij gerekend is met een oppervlak van het Bovenwater van 135 ha.

Tabel 4.2

Waterbalans van het zomerhalfjaar voor de periode 2003-2010, in mm per zomerhalfjaar

Balanspost	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
AANVOERENDE POSTEN								
Neerslag	277	526	528	457	478	423	369	551
Dijkse kwel	178	178	178	178	178	178	178	178
Inlaat Lage Dwarsvaart	56	0	0	0	0	0	0	0
Inlaat Markermeer	589	555	357	575	721	350*	350*	350
<i>Totaal</i>	<i>1.099</i>	<i>1.259</i>	<i>1.063</i>	<i>1.210</i>	<i>1.377</i>	<i>951</i>	<i>897</i>	<i>1.079</i>
AFVOERENDE POSTEN								
Verdamping	519	472	478	509	481	484	511	484
Wegzijging + afvoer	580	787	586	701	896	467	386	595
<i>Totaal</i>	<i>1.099</i>	<i>1.259</i>	<i>1.063</i>	<i>1.210</i>	<i>1.377</i>	<i>951</i>	<i>897</i>	<i>1.079</i>

*Aanname

4.3

CONCENTRATIES

Voor de concentraties stikstof en fosfaat in de neerslag en de dijkse kwel zijn dezelfde waarden als van voorgaande rapportages aangehouden. Voor het ingelaten water uit het Markermeer zijn meetgegevens van het meetpunt in Lelystad haven gebruikt. Bij verdamping van water blijven opgeloste stoffen achter. De concentratie in deze afvoerpost is per definitie nul. Voor de wegzijging + afvoer zijn de zomergemiddelde concentraties in het Bovenwater gebruikt. In tabel 4.3 zijn de waarden waarmee gerekend is, aangegeven.

Tabel 4.3

Gehanteerde concentratie voor het opstellen van stofbalansen

	Concentratie totaal-stikstof (mgN/l)			Concentratie totaal-fosfaat (mgP/l)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Neerslag	1,95	1,95	1,95	0,018	0,018	0,018
Dijkse kwel	1,73	1,73	1,73	0,130	0,130	0,130
Inlaat Markermeer	1,24	1,46	1,34	0,11	0,09	0,11
Wegzijging + afvoer	2,04	2,10	2,06	0,17	0,16	0,16

4.4

STOFBALANSEN

De stofbalansen zijn berekend uit de waterbalansen en de nutriëntenconcentraties in de waterstromen. De hoeveelheden aangevoerd water worden vermenigvuldigd met de concentraties. Dit levert een hoeveelheid stikstof en fosfaat die per waterstroom wordt aangevoerd. Deze vrachten zijn eveneens alleen voor het zomerhalfjaar berekend. De resultaten staan in tabel 4.4 en tabel 4.5. Hierin zijn ook de resultaten van 2003-2007 opgenomen.

Tabel 4.4

Stikstofbalans voor het zomerhalfjaar. Waarden in kgN per 6 maanden

Balanspost	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
AANVOERENDE POSTEN								
Neerslag	726	1.382	1.390	1.204	1.259	1.114	971	1.451
Dijkse kwel	415	415	415	416	416	416	416	416
Inlaat Lage Dwarsvaart	183	0	0	0	0	0	0	0
Inlaat Markermeer	1.041	1.569	479	854	1.070	586*	690*	633
<i>Totaal</i>	<i>2.365</i>	<i>3.366</i>	<i>2.302</i>	<i>2.473</i>	<i>2.745</i>	<i>2.115</i>	<i>2.077</i>	<i>2.499</i>
AFVOERENDE POSTEN								
Verdamping	0	0	0	0	0	0	0	0
Wegzijging + afvoer	1.565	1.901	2.426	1.505	2.517	1.286	1.094	1.655
<i>Totaal</i>	<i>1.565</i>	<i>1.901</i>	<i>2.426</i>	<i>1.505</i>	<i>2.517</i>	<i>1.286</i>	<i>1.094</i>	<i>1.655</i>

*Aanname op basis van meetgegevens 2010

Tabel 4.5

Fosfaatbalans voor het zomerhalfjaar. Waarden in kgP per 6 maanden

Balanspost	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
AANVOERENDE POSTEN								
Neerslag	7	13	13	11	12	10	9	13
Dijkse kwel	31	31	31	31	31	31	31	31
Inlaat Lage Dwarsvaart	33	0	0	0	0	0	0	0
Inlaat Markermeer	59	126	29	70	88	52*	43*	52
<i>Totaal</i>	<i>130</i>	<i>170</i>	<i>73</i>	<i>112</i>	<i>130</i>	<i>93</i>	<i>40</i>	<i>87</i>
AFVOERENDE POSTEN								
Verdamping	0	0	0	0	0	0	0	0
Wegzijing + afvoer	78	149	187	123	194	107	83	129
<i>Totaal</i>	<i>78</i>	<i>149</i>	<i>187</i>	<i>123</i>	<i>194</i>	<i>107</i>	<i>83</i>	<i>129</i>

*Aanname op basis van hevelgegevens 2010

4.5

NUTRIËNTENBELASTING

Op basis van tabel 4.3 zijn naast de zomerhalfjaar balansen (tabel 4.4 en 4.5) ook de jaarbalansen voor N en P opgesteld. Op basis van deze jaarbalansen is de belasting berekend. De berekende belasting van het meer met nutriënten is weergegeven in Tabel 4.6.

Tabel 4.6

Belasting met stikstof en fosfaat in 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010
Stikstof (gN/m ² ,jaar)	3.70	4.10	2.74	2.67	2.66
Fosfaat (gP/m ² ,jaar)	0.10	0.19	0.10	0.09	0.10

Om deze belasting te kunnen beoordelen is tevens de kritische belasting bepaald conform Jaarsma et al., 2008. Het concept van de kritische belasting gaat uit van twee alternatieve toestanden waarin een meer zich kan bevinden: helder en troebel. Een helder systeem kan bij een toenemende (fosfaat-)belasting omslaan naar een troebel systeem. Andersom kan een troebel systeem worden teruggebracht naar de heldere toestand door het terugdringen van de (fosfaat-)belasting. De belasting waarbij een systeem omslaat van troebel naar helder is lager dan andersom, dit wordt het hysteresis-effect genoemd (zie ook Jaarsma et al., 2008).

Jaarsma et al. (2008) geven drie mogelijkheden voor het afleiden van de kritische fosfaatbelasting: door het opstellen van een model in PCLake, gebruik van een metamodel van PCLake en het uitvoeren van een lineaire regressie. Het opstellen van een model levert het beste resultaat, maar is vrij bewerkelijk. Omdat het metamodel op het moment van schrijven niet toegepast kan worden, is de methode van de lineaire regressie toegepast. De fosfaatbelasting die het resultaat is van de methode heeft een onzekerheidsmarge van een factor 2 (= 0,7-1,4 maal de resulterende fosfaatbelasting).

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in tabel 4.7. Er is onderscheid gemaakt tussen de jaarrond-situatie en de zomersituatie. De resultaten zijn onderzocht op gevoeligheid van de inputvariabelen. De resulterende fosfaatbelasting blijkt vrij robuust voor de meest onzekere variabelen (hydraulische belasting, aandeel moeraszone).

Tabel 4.7

Kritische fosfaatbelasting
volgens methode lineaire
regressie, incl. invoervariabelen

	jaar	zomerhalfjaar
Pkri1 (helder -> troebel) (gP/ m², (zomerhalf)jaar)	1,49	0,76
Pkri2 (troebel -> helder) (gP/ m², (zomerhalf)jaar)	0,38	0,19
- Klei	1	1
- Hydraulische belasting (mm/dag)	1,93	2,89
- 1/ Diepte (m)	0,67	0,67
- Strijklengte (km)	1,03	1,03
- Moeras (fractie meeroppervlak)	0,01	0,01

HOOFDSTUK 5 Quickscan effecten verdiepen Bovenwater

5.1 GEOHYDROLOGISCHE EFFECTEN

Het effect van het verdiepen van het Bovenwater wordt hoofdzakelijk bepaald door de opbouw van de ondergrond. Doordat bodemmateriaal wordt verwijderd, verandert de samenstelling van de ondergrond en daarmee de weerstand die het water ondervindt. Bij een afname van deze weerstand kan het water gemakkelijk van of naar het ondergelegen watervoerende pakket stromen. Met andere woorden, de kwel of wegzijging nemen toe. Deze quickscan bestaat daarom uit de volgende 3 stappen:

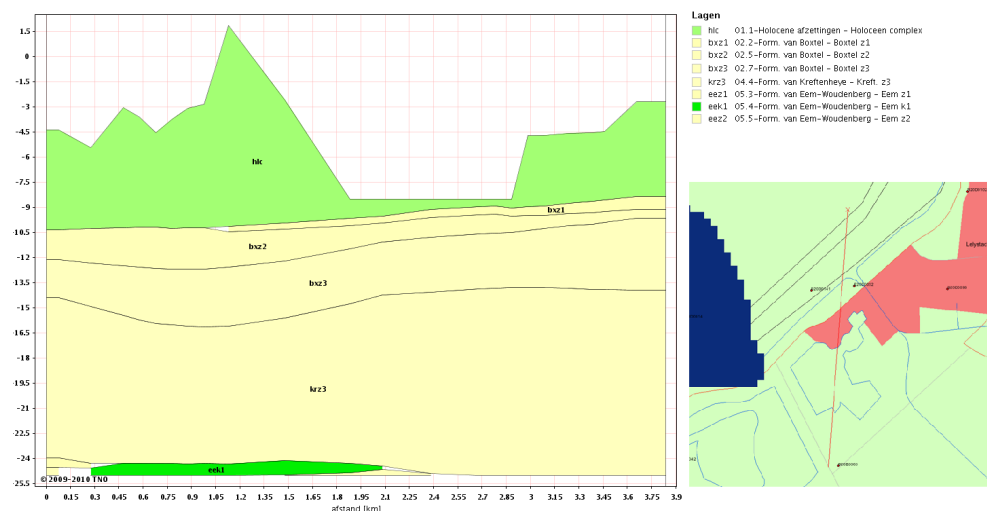
1. Inventarisatie van de bodemopbouw;
2. Inventarisatie van de hydrologische situatie: stijghoogtes en waterpeilen;
3. Kwalitatieve beschrijving van de verwachte effecten op de geohydrologie.

5.1.1 BODEMOPBOUW

Op basis van REGIS II.1 (TNO, 2009) ligt het Bovenwater in het Holoceen complex (figuur 5.17). Dat het een complex is, geeft aan dat het hierbij om sterke afwisselende of gelaagde afzettingen gaat. De deklaag heeft daarmee eigenschappen van zowel een watervoerende laag als ook een slecht doorlatende laag.

De dikte van de deklaag rondom het Bovenwater varieert van enkele decimeters tot ruim 7 meter. Daaronder bevindt zich een dik watervoerend pakket, bestaande uit zeer goed doorlatende zandafzettingen uit de Formatie van Boxtel en de Formatie van Kreftenheye.

Figuur 5.17
Regionale bodemopbouw
(Hydrogeologie) op basis van
REGIS II.1 (TNO, 2009)

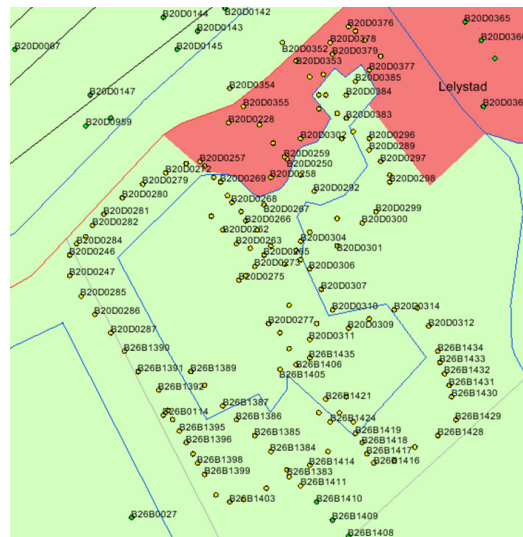


Om de samenstelling van de deklaag te plaatse van het Bovenwater nauwkeurig in beeld te krijgen, is een 98-tal boringen in en om het Bovenwater geraadpleegd. In figuur 5.18 is de ligging van deze boringen aangegeven. Uit deze boringen blijkt dat de deklaag voornamelijk uit klei bestaat (figuur 5.19), soms afgewisseld met een veenlaag. Voordat de deklaag overgaat in zand wordt veelal ook een veenlaag van enkele decimeters aangetroffen. Het hoogste zandvoorkomen in deze boringen is op -7,90m NAP.

Figuur 5.18

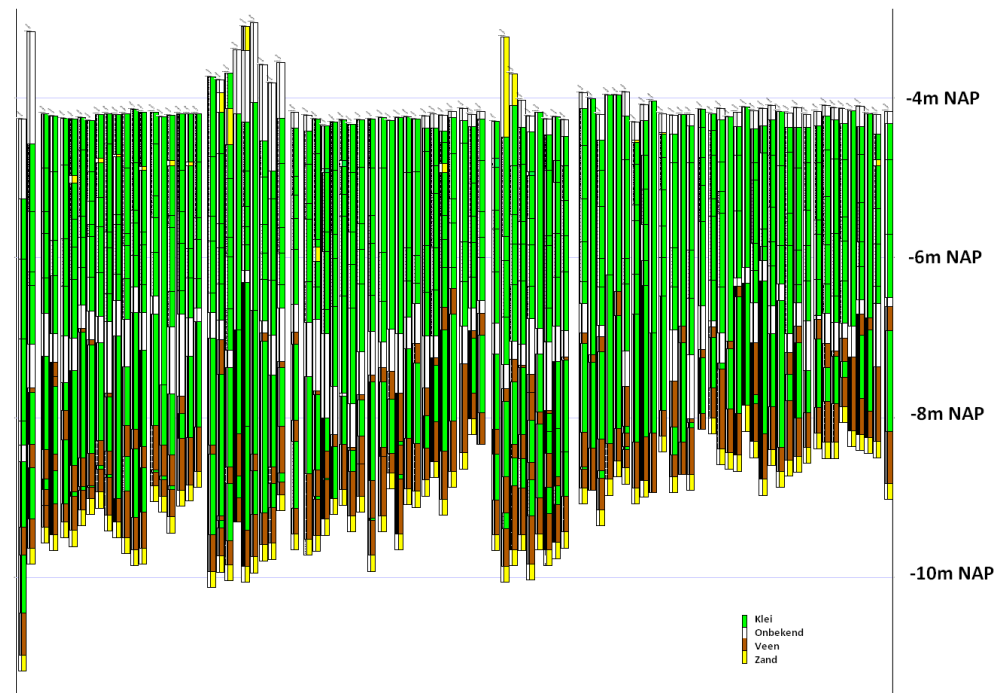
De locatie van de gebruikte boringen (geel gemarkeerd).

Bron: DINOLoket (TNO, 2010).



Figuur 5.19

Visualisatie van de boorbeschrijvingen van de 98 gebruikte boringen (DINOLoket, 2010)



De bodemhoogte van het bovenwater verloopt van circa -4,5m NAP aan de zuid-westzijde (Oostvaardersplassen) tot circa -5,0m NAP aan de noord-oostzijde. Dit betekent dat tussen de bodem van het Bovenwater en het goed doorlatende eerste watervoerende pakket ten minste 2,9m slecht doorlatend materiaal aanwezig is.

5.1.2

HYDROLOGISCHE SITUATIE

In tabel 5.3 is een overzicht gegeven van de oppervlaktewaterpeilen en de grondwaterstanden rondom het Bovenwater. De gegevens zijn afkomstig uit peilbuismetingen of peilschalen uit DINOLoket (TNO, 2010) of aangeleverde gegevens van het Waterschap. Het maaiveld rond het Bovenwater ligt op circa -4.5m NAP (ahn.nl).

Tabel 5.3

Overzicht van de oppervlaktewaterpeilen en de grondwaterstanden.

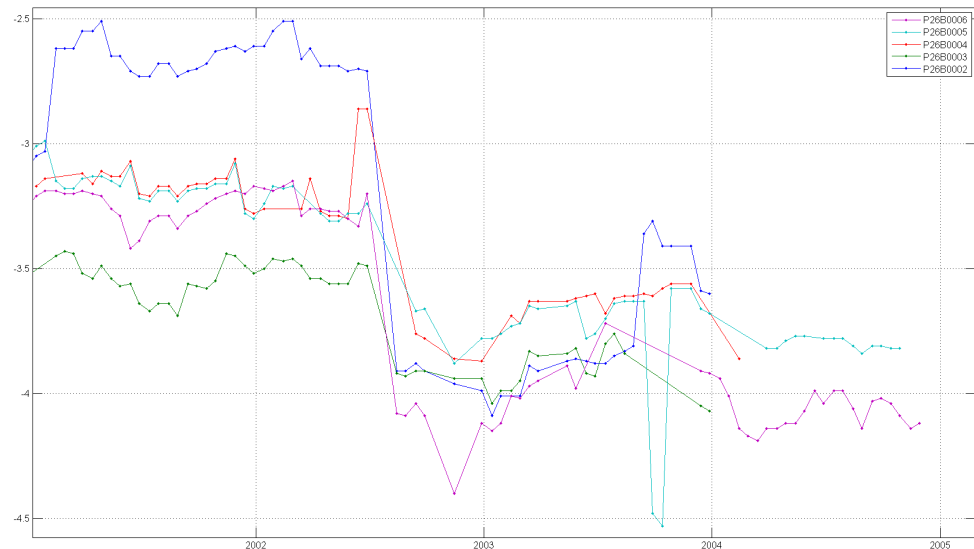
Parameter	Waarde
Peil Markermeer	0.2m NAP
Peil Bovenwater	-3.0m NAP
Peil Oostvaarders plassen	-4.0m NAP*
Peil Lage Dwarsvaart	-6.2m NAP
Gem. Hoogste Grondwaterstand	-4.8m NAP*
Gem. Laagste Grondwaterstand	-6.2m NAP*

* Zie Figuur 5.20 en figuur 5.21 voor de meetreeks.

Figuur 5.20

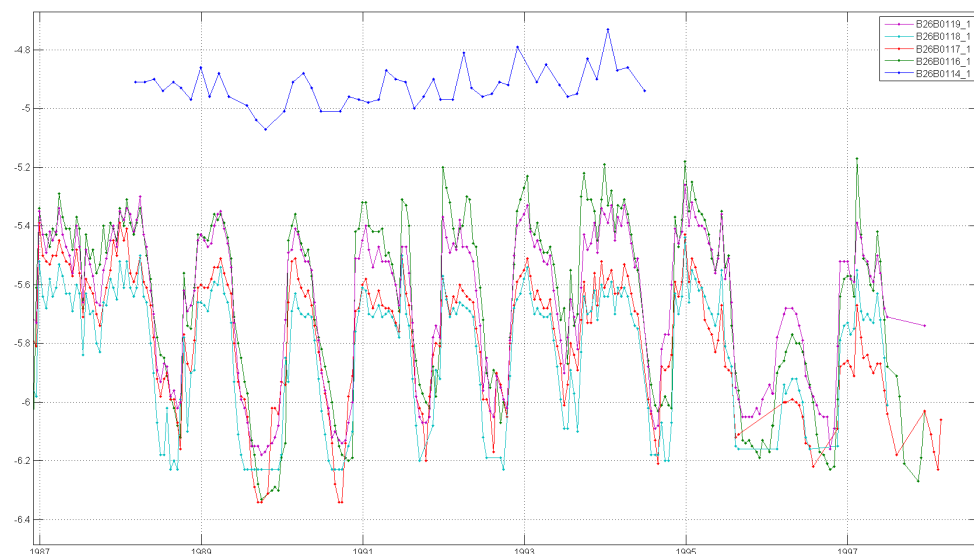
Oppervlaktewaterpeilen in de Oostvaardersplassen (2001-2005).

Peilschaal P26B002 (donker blauw) is aan de kant vlak bij het Bovenwater, langs de Knardijk gelegen



Figuur 5.21

Grondwaterstanden in bosgebied het Hollandse Hout (B26B016 t/m B26B019) en de Oostvaardersplassen (B26B014, nabij P26B002) (1987-1998)



Het waterpeil van het Markermeer ligt aanzienlijk hoger dan het waterpeil in het Bovenwater (circa 3m hoger). Hierdoor is kwel (dijkse kwel) mogelijk vanuit het Markermeer naar het Bovenwater. De Oostvaardersplassen hebben sinds eind 2002 een iets lager peil dan het Bovenwater (minder dan 1m lager). Hiervoor was dit peil ongeveer gelijk aan het peil van het Bovenwater. Het ontwateringspeil van de omgeving is gerelateerd aan het waterpeil van de Lage Dwarsvaart. Dit peil is veel lager dan het waterpeil in het Bovenwater (circa 3m lager).

Uit de metingen blijkt dat de grondwaterstanden in het Hollandse Hout (ten zuidoosten van het Bovenwater) in de zomer uitzakt tot het ontwateringspeil van -6,2m NAP. In de winter lopen de grondwaterstanden op tot circa - 5,5m NAP.

De peilbuis in de Oostvaardersplassen (B26B014) ligt nagenoeg op dezelfde plek als peilschaal P26B002. De metingen op deze locaties hebben niet op dezelfde momenten plaatsgevonden. Het is daarom niet met zekerheid te zeggen of het waterpeil in de Oostvaardersplassen altijd hoger is geweest dan de onderliggende grondwaterstand. Dit zou duiden op permanente wegzijging in de Oostvaardersplassen.

Ter plaatse van het Bovenwater zijn geen grondwaterstandsmetingen bekend. Het is daarom niet met zekerheid te zeggen dat er overal wegzijging optreedt. De grondwaterstand aan de zuid-oostzijde is vergelijkbaar met de metingen in het Hollandse Hout. Dit betekent wegzijging vanuit het Bovenwater. De grondwaterstand aan de noord-westzijde staat onder sterke invloed van het Markermeer en zal daarom hoger zijn dan de metingen in het Hollandse Hout of zelfs de Oostvaardersplassen. Dit resulteert in kwel in het Bovenwater, ook tot verder in het gebied. De huidige gegevens zijn helaas onvoldoende om te bepalen of kwel of wegzijging dominant optreedt in het Bovenwater (zowel voor het zomerseizoen als het winterseizoen).

5.1.3

EFFECTEN OP DE GEOHYDROLOGIE

Bij het uitdiepen van het Bovenwater wordt de dikte van de slecht doorlatende laag verminderd. Het eerste zand dat in de boringen wordt aangetroffen, bevindt zich op -7.9m NAP. Dit betekent dat nu nog circa 2,9m slecht doorlatend klei en veen aanwezig is. Het verlagen van de bodem van het Bovenwater met 1m betekent dat de weerstand die het water ondervindt tussen het eerste watervoerende pakket en het Bovenwater met ten minste 30% wordt verminderd. Dit betekent dat de flux, bij gelijkblijvend verschil in waterpeil en stijghoogte, met 30% zal toenemen. Afhankelijk van de huidige situatie en het seizoen betekent dit meer kwel en/ of wegzijging.

WAARNEMINGEN IN DE WINTER VAN 2010

Tijdens een veldbezoek van Waterschap Zuiderzeeland aan het bovenwater op 21 december 2010 zijn verschillende kwelvensters zichtbaar aangetoond als wakken in het ijs. In de memo van Marijke Visser van dit waterschap staat beschreven dat deze vensters verdeeld over de gehele plas zijn aangetroffen. Dit geldt ondanks het hogere waterpeil ook voor de naastgelegen Oostvaardersplassen. Onduidelijk of de deklaag bijzonder 'lek' is ter plaatse van deze vensters. Dit lijkt in eerste instantie tegenstrijdig met de gegevens van de waterbalans. In het zomerhalfjaar blijkt dat er netto een neerwaartse flux, ofwel wegzijging, optreedt.

Dit sluit overigens niet uit dat er lokaal kwel kan optreden. Ook sluit dit niet uit dat de kwelsituatie in de wintermaanden ruimtelijk een andere verspreiding heeft door de hogere (winter)grondwaterstanden in de omgeving.

5.2

GLOBALE KOSTENRAMING

Voor het rammen van de kosten voor het uitdiepen van het Bovenwater is uitgegaan van vier scenario's om een inzicht te krijgen in de minimale en maximale kosten. De vier scenario's zijn weergegeven in onderstaande tabel. In de tabel wordt ook verwezen naar de bijlage waarin de raming per scenario is uitgewerkt.

Scenario	Bodem verlaging	Kwaliteit slib	Kosten	Bijlage
1	0.50 m	Schoon	€17.800.000,--	1a
2	0.50 m	Ernstig verontreinigd	€26.400.000,--	1b
3	1.00 m	Schoon	€45.500.000,--	1c
4	1.00 m	Ernstig verontreinigd	€52.300.000,--	1d

Bij ramingen voor schoon slib is er vanuit gegaan dat het slib vanwege het grote volume in depot moet worden opgeslagen en dat het vandaar uit kan worden afgezet naar derden of in eigen projecten kan worden verwerkt. Bij de ramingen voor verontreinigd slib is er vanuit gegaan dat het slib moet worden gestort bij locatie Ijsseloog. Geraamde kosten zijn inclusief plan en directievoering, onvoorziene kosten (20%) en BTW.

HOOFDSTUK

6 Discussie

6.1

ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

In de voorgaande evaluatie-rapportage (ARCADIS, 2008) werd voorzichtig geconcludeerd dat het Bovenwater de goede kant uitging: de zomergemiddelde nutriëntengehaltes liepen langzaam terug, het areaal kranswieren nam toe en het moment van omslag (helder -> troebel) verschoof langzaam naar achteren in het seizoen (van 5 juni naar 19 juli).

In het rapport zijn maatregelen voorgesteld om de situatie verder te verbeteren. Zo is ten aanzien van het maaibeheer aanbevolen om niet te vroeg te beginnen met maaien, de maaidiepte te handhaven op 1 meter en de delen langs de randen waar niet gezeild wordt niet meer te maaien. Daarnaast is aanbevolen om het peilbeheer van het Bovenwater bij één organisatie neer te leggen en de hoeveelheden ingelaten water via de hevel beter te registreren. Deze aanbevelingen zijn in de loop der tijd doorgevoerd, zie hoofdstuk 2.

De monitoringgegevens van 2008-2010 laten zien dat er nog steeds geen sprake is van een blijvend heldere situatie. In alle jaren sloeg de aanvankelijk heldere situatie om naar een algen-gedomineerde toestand. In deze situatie zijn er geen problemen met de bevaarbaarheid (waterplanten), maar zijn er wel problemen als gevolg van de algenbloei. Deze leidt tot overlast voor de bewoners van Lelystad (drijfslagen, stankoverlast, vies gezicht) en voor de zwemwaterkwaliteit (negatief zwemadvies in 2010, waarschuwing in 2008 en 2009).

De ontwikkeling van de waterplanten is positief: in het midden van het meer is nu sprake van een aanzienlijk areaal kranswieren met een hoge bedekking. Kranswieren blijven laag en veroorzaken geen overlast door de recreatievaart. De kranswieren en overige waterplanten sterven overigens snel af na omslag van het meer naar de troebele situatie: na de omslag zijn ze al snel niet meer te vinden.

Het moment van omslag naar de troebele situatie is echter iets teruggeschoven naar eerder in het seizoen (juni in plaats van juli). Dit is geen goed teken: hierdoor wordt het groeiseizoen voor de algen verder verlengd. Bovendien krijgen de kranswieren zo minder tijd om zich goed te ontwikkelen.

Bovendien zijn de gemeten nutriëntenconcentraties iets opgelopen. De aanvankelijk licht dalende trend (tot 0,13 mg P/l) is omgebogen naar een 'stabiele' iets hogere waarde van circa 0,16 mg P/l. Deze waarde voldoet nog wel aan de doelstelling voor het Bovenwater (GEP van 0,2 mg P/l).

Over het algemeen kan gesteld worden dat de situatie sinds 2007 niet significant is verbeterd, met uitzondering van een uitbreiding van het areaal kranswieren.

6.2

VERKLARING VAN DE ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

Er zijn diverse verklaringen voor het uitblijven van verdere verbeteringen sinds 2007. Een eerste mogelijke verklaring is de aanvankelijke intensivering van het maaibeheer. In 2007 is het maaibeheer geïntensiveerd. Er is meer materiaal ingezet en er is eerder begonnen met maaien (begin mei in plaats van half mei). Door eerder te starten met maaien kunnen de waterplanten zich minder goed ontwikkelen en leggen ze dus minder nutriënten vast. Daarnaast heeft de wind meer vat op de bodem en kunnen vissen als brasem en karper beter bij de bodem (wat de opwerveling van bodemmateriaal beter mogelijk maakt). Dit beheer is ook in 2008 gevoerd. Zowel in 2007 als 2008 was er sprake van een intensieve algenbloei. Ook het droge voorjaar en de aanvoer van Markermeerwater in dezelfde periode hebben in deze jaren vermoedelijk bijgedragen aan de ontwikkelingen.

Een andere mogelijke verklaring is de verandering van het peilbeheer in het Bovenwater: het waterpeil ligt sinds 2007 ca. 5-10 cm lager dan voorheen (zie paragraaf 2.3). Een lager waterpeil (verminderde waterdiepte) draagt op verschillende manieren bij aan gunstige omstandigheden voor algenbloei:

- Opwarming. Ondiep water warmt sneller op. In warm water kunnen algen zich sneller ontwikkelen;
- Groeiruimte voor waterplanten. Bij een verminderde waterdiepte en een gelijkblijvende maaidiepte neemt de waterkolom die beschikbaar is voor waterplanten af. Hierdoor krijgen algen concurrentie-voordeel;
- Opwerveling. Door een lager waterpeil heeft de wind meer 'vat' op de waterbodem wat kan zorgen voor een verhoogde opwerveling van sediment. Hierdoor krijgen waterplanten minder kans met voordeel voor algen tot gevolg.

Een andere factor die kan hebben bijgedragen aan de gesignaleerde ontwikkelingen is het niet maaien van de vegetatie in de randzone van het Bovenwater. Op zich is dit een goede beheermaatregel om algenbloei te voorkomen: waterplanten leggen nutriënten vast, voorkomen opwerveling van sediment en vormen een schuilplaats voor roofvis. Echter op het moment dat de algen desondanks toch gaan domineren, sterven de waterplanten af als gevolg van een tekort aan licht. Bij het afsterven van de vegetatie komen nutriënten vrij die zorgen voor een extra 'duw in de rug' voor algen.

De bijdrage van de (wit)visstand aan de ontwikkelingen is onbekend: er zijn geen actuele gegevens over de visstand. Dit is relevant omdat grote hoeveelheden van met name brasem en karper de bodem omwoelen en een troebele situatie in stand houden (zie onder andere Jaarsma et al., 2008).

De gemeente Lelystad heeft op grond van haar bevoegdheden uit de Wet op de Visserij 1963 de visstand meerdere malen laten onderzoeken. De OVB heeft onderzoek gedaan in 1992 en in 1997. De gemeente heeft naar aanleiding van de aanbevelingen van de OVB in 1992 vissen laten uitzetten. In 1994 is 3600 kg graskarper en 1200 kg karper uitgezet. Van de uitgezette graskarpers is bij bemonstering in 1997 door de OVB niets meer aangetroffen.

De laatste visstandbemonstering dateert van 2003 (AquaTerra, 2003). De omvang van het visbestand werd in 2003 berekend op 115 kilogram per hectare. Aangenomen wordt dat het bestand aan met name grote brasem en karper enigszins onderschat is: het werkelijke bestand is naar verwachting niet hoger dan 175 a 200 kilogram per hectare. Dit is niet hoog voor een meer met een kleibodem (AquaTerra, 2003). Er is nauwelijks kleine, planktivore vis aanwezig zodat de graasdruk op het zoöplankton gering is.

De goede conditie en de (zeer) grote afmetingen van de brasems wijzen op zeer goede voedselomstandigheden. De visstand wordt dan ook waarschijnlijk niet gestuurd door de beschikbaarheid aan voedsel, maar door predatie door roofvis en aalscholvers (AquaTerra, 2003). Door de periodieke helderheid kunnen de aalscholvers uit de nabijgelegen broedkolonie succesvol foerageren en daarmee grote invloed uitoefenen op de visstand. De afwezigheid van brasem kleiner dan 25 cm wijst ook op een sterke predatie.

Een laatste mogelijk relevante factor vormt de beschikbaarheid van nutriënten in de waterbodem van het Bovenwater. In wateren met een kleibodem blijkt een groot deel van de voedselkringloop rechtstreeks via de bodem te verlopen (AquaTerra, 2003).

De aangetroffen P/Fe ratio's in slib en ondergrond bedragen respectievelijk 0,022/0,021 (Waterschap Groot-Salland, 2008a en 2008b). Bij een P/Fe ratio lager dan 0,055 blijft fosfaat chemisch gebonden door ijzer (nog wel door bioactiviteit vrij te maken). Op basis van deze gegevens wordt er geen nalevering van nutriënten uit de waterbodem verwacht.

Het fosfaat kan wel vrijkomen als de bovenste sedimentlaag anaëroob (zuurstofloos) raakt. Dit kan onder ander voorkomen in dichte kranswiervegetaties en dus mogelijk toch relevant zijn. De waargenomen fosfaatgehalten in de sliblaag (630 mgP/kg ds) zijn echter laag. Bovendien is de omvang van de kranswiervegetatie nog beperkt (zowel qua omvang als qua bedekking). Daarom wordt vooralsnog aangenomen dat de waterbodem geen significante bijdrage levert aan de problemen in het Bovenwater.

Een laatste factor die mogelijk meespeelt is de geschiktheid/ het potentieel van het Bovenwater voor de huidige kranswier-soort (*Chara vulgaris*): mogelijk is de huidige verspreiding en dichtheid van de soort in het Bovenwater al optimaal. Aanbevolen wordt om dit verder te onderzoeken (zie paragraaf 7.2).

6.3

LIGGING KRITISCHE BELASTING

Bij de keuze voor maatregelen is de ligging van de huidige belasting ten opzichte van de kritische belasting van belang (voor een toelichting op de kritische belasting zie paragraaf 4.5). De huidige belasting van het Bovenwater bedraagt 0,10 mg P/m², jaar (zie paragraaf 4.5). Dit getal is gebaseerd op een grove waterbalans en daarom vrij onzeker. In 2010 is de aanvoer vanuit het Markermeer vrij goed geregistreerd. De afvoer richting het Hollandse Hout en de dijkse kwel zijn echter nog belangrijke posten die nauwkeuriger in beeld gebracht moeten worden. Ook de berekende kritische belastingen zijn enigszins onzeker en kunnen nauwkeuriger worden bepaald, zie de opmerkingen in paragraaf 4.5.

Ondanks deze onzekerheden is het zeer waarschijnlijk dat de huidige nutriëntenbelasting geen probleem vormt voor het Bovenwater: de belasting blijft ruim onder de berekende kritische grenzen voor omslag van helder naar troebel en andersom.

Dit is ook het geval als alleen naar het zomerseizoen wordt gekeken (de belasting vindt immers voornamelijk in de zomer plaats). Dit betekent dat zich in het Bovenwater in een ongestoorde situatie een heldere situatie met waterplanten zal instellen. Deze conclusie komt overeen met eerdere inschattingen (ARCADIS, 2005).

De ligging van de kritische grenzen is echter wel gebaseerd op een ongestoorde ontwikkeling van de onderwatervegetatie (Janse, 2005). Het is bekend dat deze ontwikkeling een essentiële schakel vormt bij het ontstaan van de heldere situatie (o.a. Scheffer, 2004). Het verstoren van de natuurlijke ontwikkeling (door bijvoorbeeld maaien) zal dan ook een grote uitwerking hebben op de belastbaarheid van het watersysteem. Hoe de ligging van de kritische grenzen exact wordt beïnvloed door maaien is niet bekend. Wel zal de ligging van de kritische grenzen lager worden, oftewel: de toegestane belasting met nutriënten zal lager zijn dan de voorgerekende getallen in paragraaf 4.5.

Op basis van de waarnemingen in de afgelopen seizoenen is het aannemelijk dat de huidige belasting groter is dan de toegestane (kritische) belasting. Met andere woorden: bij het huidige maaibeheer zijn de waterplanten niet in staat om de aanvoer van nutriënten in het zomerseizoen te compenseren. Hierdoor zal het systeem afhankelijk van de weersomstandigheden vroeger of later in het seizoen omslaan naar de troebele situatie.

De invloed van maaien op de ligging van de kritische grenzen kan worden ingeschat met behulp van een modelstudie in PCLake (Janse, 2005). Een modelstudie kan tevens duidelijk maken of de heldere situatie met instandhouding van maaien van de onderwatervegetatie mogelijk is (en onder welke voorwaarden).

6.4

EFFECTEN VAN VERDIEPEN

De resultaten uit hoofdstuk 5 laten zien dat verdiepen van het Bovenwater technisch mogelijk is. Bij het verdiepen van het Bovenwater met circa 1m blijft er nog een aanzienlijke weerstand biedende laag over. Op basis van de boringen zal na uitdiepen nog circa 2,9m deklaag achterblijven. Hiervan bestaat bij benadering de onderste halve meter uit veen.

Het verdiepen van het Bovenwater resulteert in een afname van de weerstand. Enerzijds door de afname in dikte van de deklaag, anderzijds door het verwijderen van de sliblaag. Alleen de vermindering van de dikte van de deklaag met 30% betekent dat de grondwaterflux eveneens met circa 30% zal toenemen. Afhankelijk van de huidige situatie betekent dit meer kwel en/ of wegzijging.

De exacte gevolgen zijn op dit moment niet inzichtelijk te maken omdat de huidige situatie onvoldoende in beeld is: de huidige gegevens zijn helaas onvoldoende om te bepalen of dit meer kwel of meer wegzijging oplevert. Dit gaat niet alleen om de ruimtelijke verdeling van de metingen, maar ook de seizoensvariatie is onvoldoende belicht. In het geval van netto kwel betekent dit dat er mogelijk meer water moet worden afgelaten. In het geval van netto wegzijging betekent dit niet alleen dat er meer water moet worden ingelaten om het waterpeil te kunnen handhaven, maar ook dat dit water in de omgeving moet worden afgevoerd door het ontwateringssysteem. Dit legt een extra belasting op dit ontwateringssysteem en op de capaciteit van de uitslaande gemalen.

Het is sterk aan te bevelen dat voordat voor een dergelijke maatregel wordt gekozen, de huidige situatie beter wordt onderzocht. Hiervoor zijn frequente metingen van het oppervlaktewaterpeil en de grondwaterstanden in en in de nabije omgeving van het Bovenwater onontbeerlijk.

Ecologisch gezien zorgt verdieping voor verlaging van de kritische belasting (zie o.a. Jaarsma et al., 2008). Verdieping betekent dat de lichtomstandigheden voor waterplanten op de bodem slechter worden, wat ongunstig is voor de groei van waterplanten. Dit is dus ongunstig. Aan de andere kant kunnen de waterplanten dan wel blijven staan omdat ze niet (meteen) gemaaid hoeven te worden.

In tabel 6.4 is ter indicatie het effect van de verdieping op de ligging van de kritische belasting weergegeven (op basis van lineaire regressie-methode). Uitgaande van de heldere situatie blijft de huidige belasting (0,10 gP/ m², (zomerhalf)jaar) ruim onder de kritische grens voor omslag naar de troebele situatie. Deze getallen zijn indicatief wegens onzekerheden in de waterbalans en de lineaire regressiemethode (zie opmerkingen in paragraaf 6.3).

Tabel 6.4

Kritische fosfaatbelasting volgens methode lineaire regressie, bij verdieping met 0,5 meter en 1 meter

Verdieping met 0,5 meter	jaar	zomerhalfjaar
Pkrit1 (helder -> troebel) (gP/ m ² , (zomerhalf)jaar)	0,91	0,46
Pkrit2 (troebel -> helder) (gP/ m ² , (zomerhalf)jaar)	0,16	0,08

Verdieping met 1,0 meter	jaar	zomerhalfjaar
Pkrit1 (helder -> troebel) (gP/ m ² , (zomerhalf)jaar)	0,67	0,35
Pkrit2 (troebel -> helder) (gP/ m ² , (zomerhalf)jaar)	0,10	0,05

Het verdiepen van het Bovenwater is wel een kostbare maatregel. De kosten voor een verdieping met 0,5 meter bij een schoon sediment (goedkoopste scenario) bedragen ca. 18 miljoen euro.

6.5

TOEKOMSTSCENARIO'S/ BEHEERVARIANTEN

6.5.1

SCENARIO'S

Op dit moment zijn er grofweg drie scenario's om met de huidige situatie om te gaan:

1. Niet meer maaien;
2. Verdiepen;
3. Beheer optimaliseren op verdere ontwikkeling kranswieren.

Uit de discussie in paragraaf 6.3 blijkt dat een duurzame heldere situatie in het Bovenwater zonder overlast door algen mogelijk is. Bij de huidige nutriëntenbelasting is het zeer waarschijnlijk dat zich in een ongestoorde situatie een heldere situatie met waterplanten zal instellen. Een voorwaarde voor deze ontwikkeling is echter wel een ongestoorde ontwikkeling van de onderwatervegetatie. Deze ontwikkeling vormt een essentiële schakel bij het ontstaan van de heldere situatie. Voor het beheer betekent dit het beëindigen van het maai-beheer (scenario 1: niet meer maaien).

Mogelijk kan ook worden volstaan met het beëindigen van het maaibeheer in delen van de plas. Het maaibeheer moet dan gericht zijn op het creëren van zoveel mogelijk groeiruimte voor waterplanten met een zo groot mogelijke 'randlengte' (maaien in een 'patchwork'). Hierbij kan de omvang van het benodigde areaal waterplanten worden ingeschat met behulp van een modelstudie (in PCLake).

Een tweede mogelijkheid is het verdiepen van de plas (scenario 2). De effecten zijn nader uitgewerkt in hoofdstuk 5 en bediscussieerd in paragraaf 6.4. Het verdiepen van de plas is technisch mogelijk: er blijft na verdieping met 0,5-1,0 meter een voldoende dikke weerstandbiedende laag over. Daarnaast worden met verdieping de kansen op een heldere situatie aanzienlijk vergroot: de groeiruimte voor waterplanten neemt aanzienlijk toe, terwijl de belasting beneden de berekende kritische belasting blijft.

De exacte gevolgen van de verdieping op de waterbalans zijn op dit moment echter niet inzichtelijk te maken: de huidige gegevens zijn onvoldoende om te bepalen of er netto meer kwel of wegzijging zal optreden. Het is sterk aan te bevelen dat voordat voor een dergelijke maatregel wordt gekozen, de huidige situatie beter wordt onderzocht.

Een derde optie is het verder optimaliseren van het huidige beheer, gericht op een verdere ontwikkeling van kranswieren (scenario 3). Dit sluit aan op de hoopvolle ontwikkeling van de kranswieren in het centrale gedeelte van de plas. Bovendien biedt het beheer nog een aantal aanknopingspunten voor verbetering, onder andere het aanpassen van de maaidiepte en het beter opruimen van het maaisel. Het maaibeheer moet gericht zijn op:

- Benutting van alle beschikbare 'groeiruimte' voor waterplanten door benutting van 'overhoekjes' en zo ondiep mogelijk maaien;
- De ontwikkeling van laagblijvende waterplantsoorten (kranswier);
- Een snelle en volledige verwijdering van de gemaaide onderwatervegetatie;
- Een systematische maaiaanpak.

Daarnaast zijn er een aantal algemene maatregelen die de 'belastbaarheid' van het Bovenwater kunnen vergroten:

- Het areaal moeraszone aanzienlijk te vergroten;
- Het terugdringen van de visstand (indien uit inventarisaties blijkt dat deze te hoog is).

Op basis van de informatie van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse van de inputvariabelen op de ligging van de kritische belasting (paragraaf 4.5) en de visstand (paragraaf 6.2) is onze inschatting dat deze maatregelen van ondergeschikt belang zijn. Beide maatregelen zijn echter wel uit te voeren als ondersteuning bij de genoemde scenario's.

Voor alle genoemde maatregelen geldt dat hun effect nader kan worden gekwantificeerd en afgewogen met behulp van een modelstudie in PCLake. Hiervoor is een goede waterbalans noodzakelijk.

6.5.2

AFWEGING

Het doorvoeren van scenario 1 en 2 levert een aantal praktische bezwaren. Scenario 1 is niet mogelijk zonder het beperken of opheffen van de functie 'pleziervaart': ongehinderde groei van waterplanten levert grote hinder op voor de pleziervaart. Het beperken of opheffen van de functie 'pleziervaart' is op dit moment niet wenselijk.

Het uitvoeren van scenario 2 gaat gepaard met hoge kosten: minimaal ca. 18 miljoen euro. Ook dit wordt op dit moment niet haalbaar geacht.

Daarom wordt aanbevolen om het maaibeheer verder te optimaliseren (scenario 3) en te bekijken of er binnen de huidige randvoorwaarden nog vooruitgang kan worden geboekt met aanvullende maatregelen. Dit wordt verder uitgewerkt bij de aanbevelingen in paragraaf 7.2.

HOOFDSTUK 7

Conclusies en aanbevelingen

7.1

CONCLUSIES

Het maaibeheer in het Bovenwater lijkt succesvol. Ondanks de licht oplopende nutriëntenconcentraties en een omslag naar de troebele situatie eerder in het seizoen heeft zicht in het voorjaar een dichte aaneengesloten mat kranswieren gevestigd in het midden van de plas. Kranswieren blijven laag en vormen geen probleem voor de pleziervaart.

Het moment van omslag naar de troebele situatie is echter verschoven naar iets eerder in het seizoen (juni). Bovendien zijn de gemeten nutriëntenconcentraties iets opgelopen. De waargenomen waarden voor totaal-fosfaat voldoen aan de doelstellingen voor het Bovenwater (GEP).

Er zijn diverse verklaringen voor het uitblijven van verbeteringen sinds 2007. Een eerste mogelijke verklaring is de aanvankelijke intensivering van het maaibeheer. Een andere mogelijke verklaring is de verlaging van het peil in het Bovenwater met circa 5-10 cm. Een laatste factor die kan hebben bijgedragen aan de algenbloei is de extra nutriëntenlast als gevolg van (het afsterven van) de extra biomassa van de vegetatie in de randzone.

De huidige situatie lijkt onvoldoende voor een duurzame instandhouding van de heldere situatie. Door de inlaat van water uit het Markermeer worden in het zomerseizoen nutriënten aangevoerd. Algen zijn in staat om zeer snel van dit aanbod te profiteren. Bovendien worden de waterplanten door het maaibeheer al snel in hun ontwikkeling teruggezet (en moeten zich 'herstellen').

Het is zeer waarschijnlijk dat de huidige nutriëntenbelasting geen probleem vormt voor het Bovenwater: de huidige belasting blijft ruim onder de berekende kritische grenzen voor omslag van helder naar troebel en andersom. Dit betekent dat zich in het Bovenwater in een ongestoorde situatie (d.w.z. zonder maaibeheer) een heldere situatie met waterplanten zal instellen.

Er zijn grofweg drie scenario's de huidige situatie te verbeteren:

1. Niet meer maaien;
2. Verdiepen;
3. Beheer optimaliseren op verdere ontwikkeling kranswieren.

Scenario 1 en 2 stuiten op praktische bezwaren: niet meer maaien is onverenigbaar met de functie 'pleziervaart', verdiepen van het Bovenwater is een zeer kostbare maatregel.

Beide scenario's worden op dit moment niet realistisch geacht. Daarom wordt aanbevolen om binnen de huidige randvoorwaarden een verdere optimalisatie van het beheer door te voeren.

7.2

AANBEVELINGEN

Beheer optimaliseren op verdere ontwikkeling kranswieren

Het maaibeheer kan als volgt worden geoptimaliseerd:

- Benutting van alle beschikbare 'groeiruimte' voor waterplanten door benutting van 'overhoekjes'. Aangewezen randzones en zones bij de bebouwde delen (zie afbeelding 2.1) niet maaien en niet storen;
- Maaibeheer starten zodra het Waterschap in het veld constateert dat de fonteinkruiden hoger komen dan de kranswieren. Maaidiepte zo veel mogelijk vlak boven de kranswieren, bij benadering 20-40 cm (1 mei – 1 juni) en 40-60 cm vanaf de bodem (na 1 juni);
- Meteen verwijderen van het maaisel door inzetten van een maai-opraap boot;
- Inzet van meer boten die vaker op eerder gemaaide plaatsen terugkeren om de vegetatie kort te houden;
- Een systematischere maaiaanpak (m.b.v. GPS geleide maaiboten of gebruik van boeien/bakens).

Aanbevolen wordt om dit beheer 5 jaar door te voeren en na die tijd te evalueren.

Monitoring en evaluatie

Het Waterschap en de gemeente hebben in de loop van de tijd behoorlijk wat informatie verzameld over het Bovenwater. In het algemeen is de fysisch-chemische monitoring ruim voldoende om een beeld te schetsen van de ontwikkelingen. Daarentegen is de informatie over het beheer en de ontwikkeling van de vegetatie te kwalitatief ('verhalend') om een goed beeld te krijgen van de ontwikkelingen en om de verschillende signalen goed met elkaar in verband te brengen. Daarom wordt aanbevolen om de volgende informatie structureel te verzamelen:

- Vegetatie: jaarlijkse vegetatie-opname op vaste punten in het meer, cf. de werkwijze in 2006 en 2007, maar inclusief opname de bedekking en de hoogte van de planten;
- Peilbeheer: waterstand, hoeveelheid ingelaten water via de hevel vanuit het Markermeer (dagdebieten), hoeveelheid afgelaten water via de stuw naar de Hollandse Hout (dagdebieten). De hevel en de stuw moeten bij voorkeur een registratie krijgen (aansluiting op telemetrie-meetnet);
- Maaibeheer: maaidata, zones waar gemaaid is, beschrijving van de vegetatie en/ of schatting van de hoeveelheid gemaaide vegetatie.

Daarnaast ontbreekt –recente- informatie over de visstand. Aanbevolen wordt om (in combinatie met de KRW-monitoring) informatie te verzamelen over de huidige visstand.

Aanvullend onderzoek en aanvullende maatregelen

Daarnaast wordt aanbevolen om onderzoek uit te voeren naar het potentieel van de kranswieren en het effect van aanvullende maatregelen. Dit onderzoek is *ondersteunend* aan bovengenoemde aanbevelingen voor het beheer - afhankelijk van de resultaten van dit beheer - ook later worden uitgevoerd.

Aanvullend onderzoek kranswieren

Het huidige en het voorgestelde beheer is volledig gericht op de ontwikkeling van kranswieren.

Op dit moment wordt de huidige ontwikkeling van de kranswieren toegeschreven aan het beheer en andere zaken, maar het is ook goed mogelijk dat de huidige kranswiersoort (*Chara vulgaris*) zijn maximale potentieel (verspreiding en dichtheid) heeft bereikt omdat bijvoorbeeld de bodemsoort en/of diepteverdeling niet optimaal zijn. Aanbevolen wordt om het potentieel van het kranswier nader te laten onderzoeken door een kranswier-expert.

Daarbij moet ook gekeken worden naar de mogelijkheden om een andere kranswiersoort te introduceren (*Nitellopsis*). Deze soort voelt zich meer thuis op zavelige bodem en is beter in staat om te concurreren met fonteinkruiden (op basis van ervaringen in de Gouwzee). Op dit moment bereidt Rijkswaterstaat de introductie van *Nitellopsis* voor in het Eemmeer als KRW-maatregel (mondelinge mededeling Harry van Maanen, Rijkswaterstaat Waterdienst). De *Nitellopsis* wordt hierbij 'geoogst' in de omgeving van de Gouwzee. De kosten voor deze maatregel (aanleg 1 ha.) bedragen ca. € 200.000. Mogelijk kan hierbij worden aangesloten. De huidige vergunningen voor winning van de soort is gebaseerd op 1 ha. De uitvoering van de maatregel is voorzien in het begin van 2012, de aanbestedingsprocedure is reeds gestart.

Aanvullende maatregelen binnen de huidige randvoorwaarden

Binnen de huidige randvoorwaarden zijn nog een aantal andere maatregelen mogelijk die bijdragen aan het ondersteunen van een heldere toestand (of het uitstellen van het moment van omslag naar de troebele situatie):

- Zoveel mogelijk beperken van de belasting via inlaatwater vanuit het Markermeer door:
 - Zoveel mogelijk regenwater vast te houden in de winter en het voorjaar;
 - Het waterverlies naar de Hollandse Hout zoveel mogelijk te beperken;
 - Laten 'uitzakken' van het waterpeil in het zomerseizoen (zo ver mogelijk).
- Vergroten van de 'belastbaarheid' van het Bovenwater:
 - Vergroten van het areaal moeraszone;
 - Terugdringen van de visstand (indien uit inventarisaties blijkt dat deze te hoog is);

Deze maatregelen passen goed binnen de huidige randvoorwaarden en het voorgestelde beheer. Binnen het huidige beheer moeten deze maatregelen op hun 'merites' worden beoordeeld. De positieve maatregelen moeten vervolgens worden geprioriteerd en uitgevoerd.

Het effect van deze (en eerder genoemde) maatregelen kan nader worden gekwantificeerd met behulp van een modelstudie in PCLake. Hoewel een dergelijke modelstudie geen exacte antwoorden kan geven, zal het wel de bijdrage van verschillende maatregelen aan ecologisch herstel meer in perspectief kunnen zetten. Daarnaast geeft een modelstudie een nauwkeuriger beeld van de ligging van de kritische nutriëntenbelasting. Voor een modelstudie is een goede waterbalans noodzakelijk.

HOOFDSTUK Literatuur

ARCADIS, 2003. Beheeradvies Bovenwater. In opdracht van gemeente Lelystad. Kenmerk: 110302/OF3/123/000791/dh

ARCADIS, 2004. Monitoring Bovenwater 2003. In opdracht van gemeente Lelystad en Waterschap Zuiderzeeland. Kenmerk: 110302/OF4/079/001009/dh

ARCADIS, 2005. Monitoring Bovenwater 2004. In opdracht van gemeente Lelystad en Waterschap Zuiderzeeland. Kenmerk: 110302/OF5/0K3/001009/HB

ARCADIS, 2008. Monitoring Bovenwater 2006-2007. In opdracht van Waterschap Zuiderzeeland en gemeente Lelystad. Kenmerk: 110302/OF8/0B2/001009/GF

AquaTerra, 2003. Bemonstering van de visstand in het Bovenwater te Lelystad. Kenmerk: AT 30.2003.095

Iwaco, 1996. Inventarisatie dijkse kwel, beschikbare hoeveelheden en kwaliteit cluster waterbehoefte Projectnr. 2.01. Rapportage 10.5249.0

Jaarsma, N., M. Klinge en L. Lamers, 2008, Van helder naar troebel... en weer terug. Een ecologische systeemanalyse en diagnose van ondiepe meren en plassen voor de kaderrichtlijn water. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA, Utrecht. STOWA -rapportnummer 2008-04. ISBN 978.90.5773.386.4.

Janse, J., 2005. Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Ph.D. Thesis, Wageningen University, The Netherlands. Available on line at <http://library.wur.nl/wda/dissertations/dis3748.pdf>.

Portielje, R. & D.T. van der Molen, 1998. Relaties tussen eutrofiëringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen. RIZA rapport 98.007.

Scheffer, 2004, Ecology of Shallow Lakes. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 363p.

Waterschap Groot-Salland, 2008a. Analyserapport Bovenwater, slib. Rapportcode r0819392. Rapportagedatum 22-10-2008.

Waterschap Groot-Salland, 2008b. Analyserapport Bovenwater, ondergrond. Rapportcode r0819393. Rapportagedatum 22-10-2008.

BIJLAGE 1

Globale kostenraming verdieping Bovenwater

Volgorde:

1a. 0,50 m schoon

1b. 0,50 m ernstig verontreinigd

1c. 1,00 m schoon

1d. 1,00 m ernstig verontreinigd

COLOFON

EVALUATIE BOVENWATER 2008-2010

OPDRACHTGEVER:

WATERSCHAP ZUIDERZEELAND

STATUS:

Concept

AUTEUR:

De heer W.J.J. de Bruijne
De heer A.J.G. Reeze

GECONTROLEERD DOOR:

De heer A.J.G. Reeze

VRIJGEGEVEN DOOR:

De heer A.J.G. Reeze

075345215:0.1

ARCADIS NEDERLAND BV
Het Rietveld 59a
Postbus 673
7300 AR Apeldoorn
Tel 055 5815 999
Fax 055 5815 599
www.arcadis.nl
Handelsregister
9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veelevoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.