Het oosterduinse Meer

Afstudeeronderzoek naar potentiële maatregelen tegen blauwalg in het Oosterduinse Meer







Arjen Kort
Ruud Leibbrand

Afstudeeronderzoek in opdracht van BWZ Ingenieurs en Hogeschool Van Hall - Larenstein

Het Oosterduinse Meer

Afstudeeronderzoek naar potentiële maatregelen tegen blauwalg in het Oosterduinse Meer

Arjen Kort
Ruud Leibbrand

Afstudeeronderzoek in opdracht van BWZ Ingenieurs en Hogeschool Van Hall Larenstein

Culemborg, 31 Mei 2013

Status uitgave:	Definitief
Datum uitgave:	31 Mei 2013
Titel:	Het Oosterduinse Meer
Subtitel:	Afstudeeronderzoek naar potentiële maatregelen tegen blauwalg in het Oosterduinse Meer
Opdrachtgever:	BWZ Ingenieurs
Externe begeleiding:	Rob Klaarenbeek
Opleidingsinstantie:	Hogeschool Van Hall Larenstein
Adres:	Larensteinselaan 26a Postbus 9001 6880 GB Velp
Opleidingsrichting:	Bachelor Land- en watermanagement, Major Inrichting en waterbeheer
Interne begeleiding:	Hans van den Dool
Studenten:	Arjen Kort Ruud Leibbrand
Aantal pagina's inclusief bijlagen:	77
Akkoord voor uitgave:	
Paraaf:	

© BWZ Ingenieurs bv

Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van BWZ Ingenieurs bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enige andere werk dan waarvoor het is vervaardigd.

BWZ Ingenieurs bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van BWZ Ingenieurs bv. De opdrachtgever vrijwaart BWZ Ingenieurs bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Ingeschreven in het handelsregister van de Kamer van Koophandel te Tiel onder nr. 30232690

BWZ INGENIEURS

- Postbus 183
  4100 AD Culemborg
- Telefoon: 0345-523130
  Fax: 0345-523990
- info@bwz-ingenieurs.nl
  www.bwz-ingenieurs.nl

Voorwoord

Het voor u liggende rapport over blauwalgbestrijding in het Oosterduinse Meer is ontstaan als afstudeerrapport voor de studierichting Inrichting en Waterbeheer van de opleiding Land- en Watermanagement aan Hogeschool van Hall Larenstein.

Het werken aan deze opdracht hebben wij als zeer prettig ervaren. Het onderwerp sloot goed aan op het opleidingstraject dat wij de afgelopen vier jaar hebben gevolgd. Ook hebben we het als prettig ervaren dat het onderwerp erg actueel is. Tijdens het onderzoek hebben we gemerkt dat blauwalg in heel Nederland een groot probleem is in de zomermaanden. We hopen dan ook dat dit rapport niet alleen bijdraagt aan de problemen in het Oosterduinse Meer, maar ook een inzicht geeft in oplossingen voor vergelijkbare blauwalgproblemen in de rest van Nederland.

Voor de totstandkoming van dit rapport hebben wij veel personen geraadpleegd en gesproken vanwege hun kennis of betrokkenheid bij dit onderzoek. Ten eerste willen wij Mark Kramer en Bruce Michielsen van Hoogheemraadschap van Rijnland bedanken voor de door hun geleverde feedback en informatievoorziening. Verder willen wij Klaas van Zijverden bedanken voor het delen van zijn ervaringen en informatie over het Oosterduinse meer. Daarnaast willen we ook de medewerkers van Bungalowpark Sollasi, Surfclub Como en de gemeente Noordwijkerhout bedanken voor de tijd welke zij voor ons vrijmaakten. Ook bedanken we Jaap Quak van Sportvisserij Nederland voor de informatievoorziening. Verder willen we iedereen bedanken waarmee we via mail contact hebben gehad.

Onze grootste dank gaat uit naar onze begeleiders. Ten eerste onze externe begeleider, Rob Klaarenbeek van BWZ Ingenieurs. We willen hem bedanken voor zijn feedback en scherpe opmerkingen welke hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport. Ten tweede onze interne begeleider, Hans van den Dool. Ook hem willen we bedanken voor zijn feedback en voor de begeleiding tijdens het afstudeerproces.

Tot slot willen wij de medewerkers van BWZ Ingenieurs bedanken voor de gezellige en leuke tijd welke we hebben gehad het afgelopen half jaar. We kijken met veel plezier terug op deze periode en hebben met veel plezier aan deze opdracht gewerkt. We hopen dat iedereen dit rapport met veel plezier zal lezen.

Culemborg, 31 mei 2013

Arjen Kort

Ruud Leibbrand

Samenvatting

Het Oosterduinse Meer heeft sinds een aantal jaren te maken met blauwalgenoverlast. Hierdoor neemt de recreatieve aantrekkingskracht van het meer erg af en dalen de bezoekersaantallen. Verschillende onderzoeken zijn uitgevoerd om te zoeken naar maatregelen om aan de geldende zwemwater normen te voldoen. Uit deze onderzoeken is gebleken dat een bronaanpak op korte termijn geen invloed zal hebben, aangezien water uit de naastgelegen bemeste bollenvelden zorgt voor de te hoge fosfaataanvoer naar het meer toe. Een onderzoek naar een gepaste maatregel voor op korte termijn is nooit gedaan. In dit rapport is uit vooraf opgestelde maatregelen de meest geschikte maatregel, welke op korte termijn werkt, gezocht. Dit met als doel een maatregel(pakket) aan te rijken dat op korte termijn de blauwalgproblemen in het Oosterduinse Meer terugdringt.

Acht maatregelen zijn door ons onderzocht, te weten; het aanleggen van natuurvriendelijke oevers, het verondiepen van de recreatieplas het aanbrengen van luchtmenginstallaties, het wegvangen van vissen, waterstofperoxide verspreiden, vlokmiddel verspreiden, muur van mosselkratten plaatsen en een opblaasbare lijn in plaats van een traditionele lijn ter afscherming van zwemlocatie. De maatregelen zijn middels een *multi-criteria analyse* tegen elkaar afgewogen op het gebied van effectiviteit, duurzaamheid, draagvlak en economische haalbaarheid. Hiervoor is van te voren een gebiedsbeschrijving opgesteld welke diende als toetsingskader voor de te nemen maatregelen. De scores zijn hoofdzakelijk gebaseerd op een literatuuronderzoek. Hierbij is voornamelijk gekeken naar praktijkvoorbeelden van de maatregelen. Ook zijn er interviews gehouden met ondernemers welke rondom het meer zijn gevestigd, en met experts op het gebied van blauwalgbestrijding.

In de *multi-criteria analyse* krijgt effectiviteit de grootste weging aangezien het van cruciaal belang is dat de maatregel zorgt voor het verdwijnen van de blauwalgproblematiek. De wegingen van de overige criteria zijn ongeveer gelijk verdeeld. Deze verdeling van de wegingsfactoren resulteert in de hoogste score voor het verspreiden van waterstofperoxide aangezien deze maatregel, effectief, met draagvlak en relatief goedkoop is. De beide manieren van lucht mengen scoren ook goed, maar zijn iets duurder en iets minder duurzaam dan het verspreiden van waterstofperoxide. Aan de *multi-criteria analyse* is een gevoeligheidsanalyse toegevoegd waaruit bleek dat er pas een andere maatregel het beste scoort als effectiviteit een veel lagere weging krijgt.

Geadviseerd wordt een keuze te maken tussen het toedienen van waterstofperoxide en het aanbrengen van een traditionele luchtmenginstallatie. Beide maatregelen passen goed binnen de reeds door BWZ Ingenieurs opgestelde visie.

Tevens wordt geadviseerd om op zoek te gaan naar een bronaanpak voor op lange termijn. Ook wordt geadviseerd een complete herinrichting aan het gebied te geven. Dit laatste is slechts alleen mogelijk als het eigendom van het meer niet meer in handen is van de huidige eigenaar.

Verklarende woordenlijst

Met behulp van deze verklarende woordenlijst worden begrippen waarvan de betekenis in de tekst niet duidelijk wordt nader verklaard.

- **Aerobe omstandigheden:** Zuurstofrijke omstandigheden

- **Biomassa:** *Het drooggewicht van organismen. In dit geval van met fosfaat verontreinigde plantenresten.*

- **Blauwalgenbloei:** *Het proces wat plaatsvind als blauwalgen drijflagen vormen. Dit proces moet voorkomen zien te worden. Blauwalgen kunnen geen toxines produceren als er nog geen drijflagen zijn gevormd.*

- **Drijflaag:** *Bloeiwijze van de blauwalg. De drijflagen zorgen vaak voor de overlast. Naast de visuele waarneembaarheid veroorzaken drijflagen ook een enorme stankoverlast.*

- **Epilimnion:** *De bovenste van de waterlagen welke ontstaan als gevolg van een hoge temperatuur. Deze laag is stukken warmer dat de onderste laag (het hyplomnion).*

- **Helofyten:** *Levensvormen waarvan alleen de onder water zittende knoppen ongunstige perioden, zoals winters, overleven.*

- **Holocene afzetting:** *Landschapsvorm welke tussen 11.700 jaar geleden en nu is ontstaan.*

- **Hypolimnion:** *De onderste van de waterlagen welke ontstaan als gevolg van een hoge temperatuur. Deze laag is stukken kouder dan de bovenste laag (het epilimnion)*

- **Inundatie:** *Opzettelijk onder water zetten van een gebied.*

- **KRW-waterlichaam:** *Een waterlichaam waarbij de waterbeheerder verplicht is tot actie om het waterlichaam voor 2015 chemisch en ecologisch in een gezonde toestand te hebben.*

- **Leemarm:** *Het in kleine mate aanwezig zijn van leem in de bodem. Leem is materiaal met een korrelgrootte tussen de 2 en 50/64 micrometer.*

- **Loefzijde:** *Zijde waar de wind vandaan komt.*

- **Metalimnion:** *Deze laag vormt de overgangszone tussen het epilimnion en het hypolimnion. Het metalimnion wordt ook wel de spronglaag genoemd.*

- **Multi-criteria analyse:** *Een analyse welke het mogelijk maakt een keuze te maken tussen verschillende alternatieven aan de hand van vooraf opgetelde criteria.*

- **Pleistocene afzetting:** *Een landschapsvorm welke is gevormd tussen 2,588 miljoen en 11.700 jaar geleden.*

- **Stijghoogte:** *Hoogte van de grondwaterstand ten op zichtte van een referentielijn. Een vaak gebruikt referentievlak is het N.A.P.*

- **Strijklengte:** De grootste lengte van een meer waarover de wind vrij spel heeft en golfslag kan veroorzaken.

- **Talud:** Het schuine vlak langs de oever van een watergang.

- **Thermische stratificatie:** Laagvorming in watersystemen als gevolg van temperatuur.

- **Toxines:** In de context van blauwalgen zijn toxines de giftige stoffen die worden geproduceerd. Deze toxines kunnen voor irritaties zorgen.

- **Watersysteemanalyse:** Een document waarin een uitgebreide analyse is gemaakt om het watersysteem in zijn geheel te kunnen begrijpen. Een dergelijke analyse is noodzakelijk om beheersmaatregelen toe te kennen.

- **Watervoerend pakket:** Een laag in de bodem waar het grondwater relatief snel door heen stroomt. Vaak is dit een zandlaag.

Inhoud

Voorwoord III
Samenvatting IV
Verklarende woordenlijst V
Inhoud VII

1 Inleiding 1
1.1 Aanleiding 1
1.2 Probleemstelling 2
1.3 Doel en beoogd resultaat 2
1.4 Werkwijze 3
1.5 Afbakening 3
1.6 Doelgroep 3
1.7 Leeswijzer 4
2 Blauwalgen 5
2.1 Cyanobacterie 5
2.2 Algenbloei 5
2.3 Overlast 6
3 Gebiedsbeschrijving 7
3.1 Geografische ligging 7
3.2 Huidig gebruik 7
3.3 Bodem 8
3.4 Hydrologie 8
3.5 Waterkwaliteit 10
4 Maatregelen 12
4.1 Aanleggen natuurvriendelijke oevers 12
4.2 Verondiepen recreatieplas 17
4.3 Aanbrengen luchtmenginstallaties 20
4.4 Vissen wegvangen 24
4.5 Vlokmiddel verspreiden 26
4.6 Waterstofperoxide verspreiden 30
4.7 Muur van mosselkratten 33
4.8 Opblaasbare lijn 35

5 Multi criteria-analyse 36
5.1 De vier criteria 36
5.2 Multi criteria-analyse 37
5.3 Resultaten en mogelijke combinaties 39
5.4 Gevoeligheidsanalyse 40
5.5 Discussie 40
6 Beheer- en herstelmaatregelen 41
6.1 Beheersmaatregelen 41
6.2 Herstelmaatregelen 44
6.3 Advies 45
7 Conclusie en aanbevelingen 46
7.1 Conclusie 46
7.2 Aanbevelingen 47
Geraadpleegde Literatuur 48

Bijlagen .....
Bijlage A, Foto impressie .....
Bijlage B, Uitwerking interviews .....
Bijlage C, Diepte gegevens Oosterduinse Meer .....
Bijlage D, Uitwerking kosten maatregelen .....
Bijlage E, Gevoeligheidsanalyse .....
Bijlage F, Variaties MCA .....

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het in de provincie Zuid-Holland gelegen Oosterduinse Meer is een oude zandwinning ten behoeve van de kalkzandsteenfabriek in Hillegom. In 1970 is de zandwinning gestopt en heeft het Oosterduinse Meer de functie van recreatieplas gekregen. Door de provincie Zuid-Holland zijn in het meer twee locaties aangewezen als zwemwaterlocatie. In de huidige situatie ontstaan er tijdens het zwemseizoen drijflagen van blauwalgen in het meer. Deze maken het gebruik van de zwemwaterlocaties onaantrekkelijk en mogelijk zelfs gevaarlijk.

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft het doel gesteld om in 2027 al haar zwemwaterlocaties te laten voldoen aan de Europese Zwemwater Richtlijn (ZWR). Het doel van deze richtlijnen is om een situatie te creëren waarbij men in schoon en gezond water kan zwemmen. Om dit te bereiken is door het Hoogheemraadschap van Rijnland een gefaseerd uitvoeringstraject opgesteld. Voor het Oosterduinse Meer geldt dat de maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren, en daarmee de blauwalgen tegen te gaan, in de volgende planperiode van zes jaar (2015 – 2021) uitgevoerd dienen te worden. Om dit voor elkaar te krijgen dienen de maatregelen van te voren opgenomen te worden in het vijfde waterbeheerplan van Rijnland (WBP5). In 2012 is een watersysteem-analyse uitgevoerd om te onderzoeken welke maatregelen getroffen dienen te worden om te voldoen aan de ZWR. (Rijnland, 2012)

Gemeente Noordwijkerhout heeft in 2012 aan BWZ Ingenieurs gevraagd een inrichtingsvisie op te stellen voor het recreatiegebied. De reden voor dit verzoek zijn de dalende bezoekersaantallen van het Oosterduinse Meer. Deze zijn de laatste jaren gedaald onder andere de vanwege veranderende behoefte van de recreant en de (periodiek) aanwezige blauwalg in het Oosterduinse Meer. In de door BWZ opgestelde inrichtingsvisie zijn twee scenario's uitgewerkt voor de toekomst van het gebied. In beide scenario's wordt er van uitgegaan dat er in de toekomst door de recreant geen hinder meer wordt ondervonden door de (periodiek) aanwezige blauwalg.(BWZ Ingenieurs, 2012)



Figuur 1-1, Luchtfoto van het Oosterduinse Meer en de directe omgeving

1.2 Probleemstelling

Het probleem in het Oosterduinse Meer is daarom met name de op de recreatief drukste momenten voorkomende *blauwalgenbloei*. Mensen en dieren kunnen irritaties oplopen, bij het binnenkrijgen van water met daarin een te grote hoeveelheid aan *toxines* die deze blauwalgen afgeven. In de door BWZ Ingenieurs opgestelde visie zijn zeven mogelijke maatregelen tegen blauwalg benoemd, en uit de door het Hoogheemraadschap van Rijnland opgestelde *watersysteemanalyse* is één mogelijke maatregel voortgekomen. Het gaat hier om de volgende acht maatregelen:

1. Aanleggen van natuurvriendelijke oevers
2. Verondiepen van de recreatieplas
3. Aanbrengen luchtmenginstallaties
4. Vissen wegvangen
5. Waterstofperoxide verspreiden
6. Vlokmiddel verspreiden
7. Opblaasbare lijn i.p.v. traditionele ballenlijn
8. Muurtje van mosselkratten

Een onderzoek naar welke van deze acht maatregelen de meeste potentie heeft om de overlast van de blauwalg te minimaliseren is tot op heden nog niet uitgevoerd. Om dit boven water te krijgen, wordt in deze rapportage de volgende onderzoeksvraag beantwoord::

- *Welke maatregel(-en) kunnen, binnen de opgestelde visie, het best worden toegepast en zorgen voor een betere waterkwaliteit in het Oosterduinse Meer en dus voor een vermindering van de problemen met blauwalgen?*

Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, zijn de maatregelen uitgewerkt en getoetst op verschillende criteria. Dit is gebeurd door gebruik te maken van een *multi-criteria analyse* (MCA). Hiervoor zijn per maatregel de volgende deelvragen beantwoord:

1. Wat is de *effectiviteit* van deze maatregel op blauwalg?
2. Heeft het toepassen van deze maatregel positieve/negatieve effecten op het gebied van *duurzaamheid*?
3. Is er draagvlak voor het toepassen van de maatregel in het Oosterduinse Meer?
4. Is de maatregel *economisch haalbaar* binnen het voor het Oosterduinse Meer opgestelde beleid?

Verdere deelvragen die beantwoord zijn om een compleet antwoord te krijgen zijn:

5. Hoe verhouden de maatregelen zich ten opzichte van elkaar in een MCA op het gebied van, effectiviteit, duurzaamheid, draagvlak, en economische haalbaarheid?
6. Hoe kan/kunnen de geselecteerde maatregel(-en) worden toegepast in het Oosterduinse Meer?

1.3 Doel en beoogd resultaat

De doelstelling van dit onderzoek is om de meest geschikte maatregel(-en) aan het licht te brengen welke specifiek voor het Oosterduinse Meer de (periodieke) aanwezige blauwalg terug zal dringen tot onder de minimaal de eisen van de ZWR. Uitgangspunt is dat dient voorkomen te worden dat de recreanten geen hinder ondervinden van de blauwalg. Verder is gekeken op welke manier deze maatregel en/of combinatie van maatregelen, geïmplementeerd kan worden in de bestaande gebiedsvisie, zonder dat deze er nadelige gevolgen van ondervindt.

Het beoogde resultaat van dit onderzoek is een maatregel welke past in de door BWZ Ingenieurs opgestelde inrichtingsvisie. De basis van deze keuze wordt gevormd door de resultaten uit de uitgevoerde MCA tegen blauwalg in het Oosterduinse Meer.

1.4 Werkwijze

De uitwerking van de maatregelen is aan de hand van een bureaustudie uitgevoerd met, waar nodig, daarop aansluitende interviews met experts. Dit om bij een kennislacune een zo geheten 'expert judgement' toe te kunnen passen. Bij het onderdeel draagvlak van de maatregelen zijn met betrokken partijen en ondernemers die rondom het meer zijn gevestigd, interviews afgenomen. Na de uitwerking van de maatregelen zijn deze door middel van een *multi-criteria analyse* tegen elkaar afgewogen. Vanwege de vele maatregelen en verschillende criteria welke een rol spelen, is bewust gekozen voor deze methode van analyseren. Op basis van overleg met de opdrachtgever en de experts zijn aan deze criteria wegingsfactoren gegeven. Door vervolgens aan elke maatregel punten toe te kennen, is gebleken welke maatregel(-en) het best kan/kunnen worden toegepast in het Oosterduinse Meer. Dit is de maatregel met de hoogste score. In het plan van aanpak, welke is bijgevoegd als losse bijlage, bevindt zich een uitgebreidere beschrijving van de gevolgde werkwijze.

1.5 Afbakening

Dit rapport richt zich op de acht eerder genoemde maatregelen. De maatregelen komen uit het door BWZ Ingenieurs opgestelde visierapport en de *watersysteemanalyse* van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Een argumentatie voor de keuze van deze maatregelen is niet gegeven, aangezien deze zijn voortgekomen uit een "brainstorm sessie". De maatregelen zijn dus aangereikt en zijn in dit onderzoek alleen op haalbaarheid getoetst. Daarnaast zijn overige maatregelen, welke tijdens het onderzoek aan het licht zijn gekomen, slechts genoemd en niet meegenomen in de MCA. Een gedetailleerde gebiedsbeschrijving was al uitgevoerd. Om toch een toetsingskader te kunnen vormen voor de maatregelen, is een gebiedsbeschrijving gemaakt met daarin voor het onderzoek relevantie informatie. De nadruk van het onderzoek ligt op de het aanwijzen van de meest geschikte maatregel tegen blauwalgen in het Oosterduinse Meer. Deze is vervolgens uitgewerkt met als doel een beeld te geven van hoe de maatregel, binnen de visie, kan worden uitgevoerd in het Oosterduinse Meer.

1.6 Doelgroep

Het rapport is bestemd voor verschillende bedrijven en instanties welke betrokken zijn bij het Oosterduinse Meer. Dit zijn:

- BWZ Ingenieurs*, de opsteller van de toekomst visie van het meer,*
- Hoogheemraadschap van Rijnland*, de beheerder van het meer;*
- Provincie Zuid Holland*, de eindverantwoordelijke voor de zwemwaterlocaties;*
- Gemeente Noordwijkerhout*, de exploitant van de omliggende percelen.*

Verder is dit rapport geschreven als bachelor thesis en daarmee ook bestemd voor de docenten van Hogeschool Van Hall Larenstein te Velp. Daarnaast is deze rapportage mogelijk ook interessant voor belangstellenden omtrent oplossingen voor het blauwalgprobleem in het algemeen.

1.7 Leeswijzer

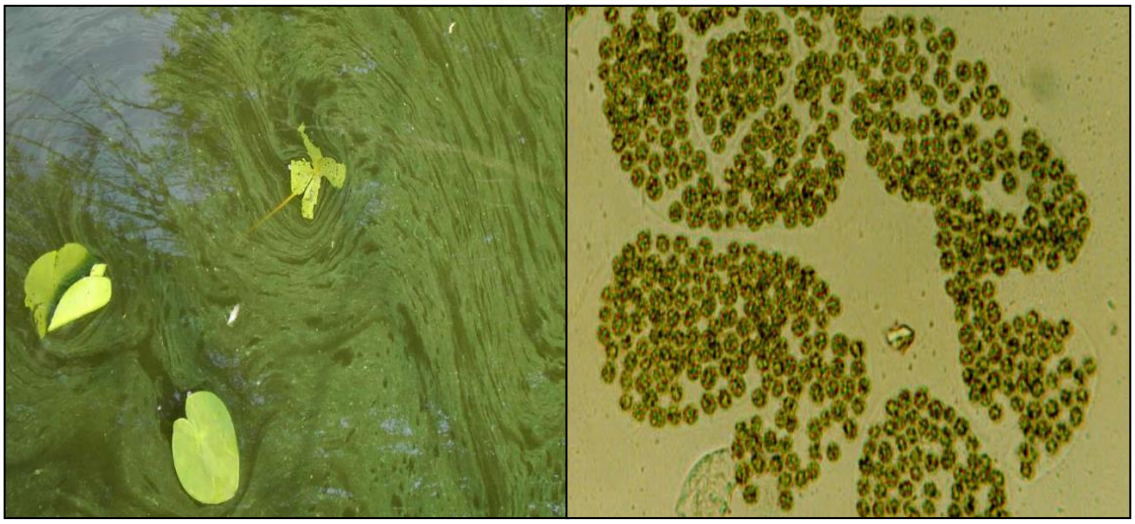
Hoofdstuk 2 geeft een algemeen beeld van de levenswijze van blauwalgen en de problemen die deze kunnen veroorzaken. Hoofdstuk 3 geeft een korte gebiedsbeschrijving van het Oosterduinse Meer. Dit hoofdstuk gaat in op de geografische ligging, het huidige gebruik, bodemopbouw, hydrologie en waterkwaliteit. Hiermee vormt dit samen met hoofdstuk 2, de toetsingsbasis voor de uitwerking van de maatregelen. De deelvragen die het beantwoorden van deze complexe hoofdvraag vereenvoudigden, vormen de kernhoofdstukken van de rapportage. In het vierde hoofdstuk worden de acht maatregelen stuk voor stuk beschreven aan de hand van de volgende paragraafindeling: algemene werking, technische toepasbaarheid, effectiviteit, draagvlak, duurzaamheid, en economische haalbaarheid. In het vijfde hoofdstuk zal de *multi-criteria analyse* worden uiteengezet. In hoofdstuk zes wordt een beschrijving gegeven over hoe de, uit de MCA voortkomende, maatregelen in de bestaande visies van BWZ Ingenieurs kunnen worden opgenomen. Dit in zowel de variant gericht op natuur, als in de variant recreatie. In de conclusie zijn de antwoorden op de hoofd- en deelvragen weergegeven. Tot slot zijn in het zevende hoofdstuk de conclusie van het onderzoek opgenomen en worden een aantal aanbevelingen gegeven voor de toekomst van het Oosterduinse Meer. Voorin deze rapportage is een verklarende woordenlijst opgenomen. Dit is gedaan om mogelijke lastige termen, welke *cursief* zijn aangegeven, te verduidelijken.

2 Blauwalgen

Om de meest geschikte maatregelen tegen blauwalg te vinden, is het van belang blauwalgen en de standplaatscondities waarin deze bacteriën voorkomen, goed te kennen. In dit hoofdstuk wordt daarom dieper ingegaan op het fenomeen 'blauwalgen' en de overlast die deze kunnen veroorzaken.

2.1 Cyanobacterie

De naam 'Blauwalg' is eigenlijk een verouderde benaming voor de cyanobacterie. Deze bacterie behoort, volgens sommige onderzoeken, tot de oudste organismen op aarde. De blauwalg wordt vanuit de historie een alg genoemd, omdat het tot fotosynthese in staat is, maar dit is technisch niet correct. De blauwalg valt namelijk onder de bacteriën. Het is zelfs één van de eerste bacteriesoorten die in staat was zuurstof te produceren. Blauwalgen zetten kooldioxide (CO_2) en anorganische voedingsstoffen, onder invloed van licht, om in *biomassa*. Bij dit proces komt zuurstof (O_2) vrij. Blauwalgen kunnen zowel alleen als in draadkoloniën voorkomen. Een voorbeeld van een blauwalgen kolonie en een close-up ervan zijn opgenomen in figuur 2-1.(Stowa, 2009)



Figuur 2-1. Gevormde blauwalg drijflaag en een close-up van een Microcystis blauwalg.

2.2 Algenbloei

De cyanobacteriën kunnen onder de juiste omstandigheden drijflagen creëren. Om deze drijflagen te creëren, zullen een aantal stappen doorlopen moeten worden. De eerste stap in de vorming van deze drijflagen komt door een steeds geringer wordende lichtintensiteit in de diepere lagen van de waterkolom. Om te overleven zal de cyanobacterie gasblaasjes vormen waardoor de bacteriën een positief drijfvermogen krijgen. Eenmaal aan het wateroppervlak zal, door de nu zeer grote lichtintensiteit, de snelheid van de fotosynthese van de blauwalgen worden verhoogd. De koolhydraten die dan worden aangemaakt, worden opgeslagen waardoor de blauwalgen zwaarder worden en weer langzaam gezamenlijk naar beneden zakken. De opgeslagen koolhydraten worden vervolgens weer geconsumeerd en er worden eventueel zelfs

nieuwe gasblaasjes aangemaakt. Hierdoor zal de laag weer naar boven stijgen. Doordat de blauwalgen nu zelf zorgen voor een steeds grotere lichtreductie, kunnen op een bepaald moment geen koolhydraten meer worden gemaakt door onderop gelegen blauwalgen. Doordat het gewicht van deze onderste laag nu niet meer toeneemt zal de laag aan het wateroppervlak blijven drijven. De bovenop gelegen blauwalgen zullen hierdoor ook niet meer in staat zijn naar beneden te zakken en uiteindelijk sterven. Dit proces wordt algenbloei genoemd. Onder de juiste omstandigheden kan dit net zo lang doorgaan tot er een laag met (dode-) blauwalgen ontstaat. Deze laag wordt de *drijflaag* genoemd.

Om dit proces optimaal te kunnen laten verlopen, zijn de volgende standplaatscondities nodig:

- *Hoge temperatuur,* voor een optimale groei van de blauwalgen dient de temperatuur van het water gemiddeld tussen de twintig en dertig graden te liggen.
- *Lichtintensiteit,* het doorzicht, en daarmee de diepte dat het licht in de waterkolom kan doordringen, dient ook in orde te zijn. Hoe groter deze is, hoe meer blauwalgen er kunnen groeien, hoe sterker de potentiële bloei zal zijn. Onder bijvoorbeeld een dicht kroosdek kunnen de blauwalgen niet ontwikkelen.
- *Hoge nutriëntenbelasting,* dit is waarschijnlijk de belangrijkste factor welke een *blauwalgenbloei* mogelijk maakt. Een veel gehanteerde grens voor de concentratie fosfaat is minimaal 0.10 mg/l (Stowa, 2009).
- *Stromingsluw,* bij de vorming van drijflagen dient de stroming in het waterlichaam minimaal te zijn.

Benadrukt moet worden dat deze randvoorwaarden voor de bloei van blauwalgen, en daarmee de vorming van drijflagen, per watersysteem erg kunnen verschillen. Dit komt mede door de balans tussen deze factoren, en de samenstelling van de blauwalgsoorten. In bepaalde situaties kunnen blauwalgen al tot bloei komen bij een fosfaat concentratie van 0,04 mg/l (Stowa, 2008). Berekeningen in dit rapport zullen aan de hand van deze grenswaarde worden gedaan. Bij de vorming van drijflagen spelen ook, maar in mindere mate, de *strijklengte*, het diepteprofiel, en de *aerobe omstandigheden* een rol.

2.3 Overlast

De bloei van de cyanobacterie kan op verschillende manieren tot overlast leiden. Onder invloed van wind kunnen drijflagen zich verplaatsen richting zwemwateren, waardoor deze er onaantrekkelijk uit gaan zien. Verder kan bij de afbraak van deze bacteriënlaag een vieze lucht ontstaan welke is te vergelijken met die van rotte eieren. In extreme gevallen kunnen vissen, als gevolg van organische afbraak en daarmee het verbruik van zuurstof, massaal sterven. Het grootste probleem is echter dat veel soorten van de cyanobacteriën gifstoffen (cyanotoxines) produceren. Bij het binnenkrijgen van water, met een te hoge concentratie van deze stoffen, kunnen bij mens en dier irritaties optreden in de vorm van onder andere hoofdpijn, misselijkheid, diaree en huidirritaties. (Stowa, 2000)

De volgende blauwalgsoorten komen binnen het Oosterduinse Meer voor en zorgen hier voor de periodieke *drijflaag* vorming en de mogelijke afgifte van de *toxines*:

- Woronichinia
- Anabaena
- Microcystis
- Aphanizomenon *(in mindere mate een drijflaagvormer)

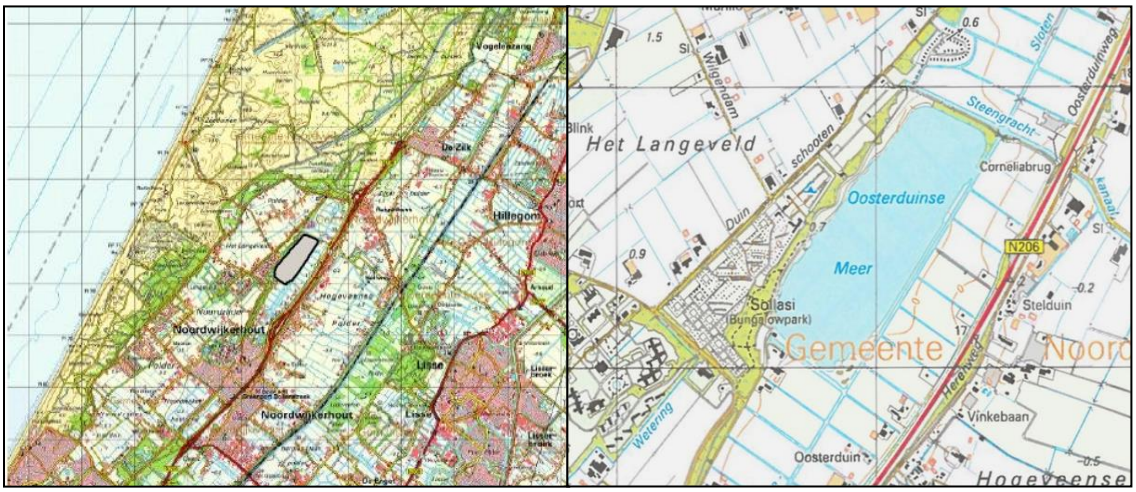
Een soort welke ook voorkomt in het Oosterduinse Meer, maar geen drijflagen vormt, is de Planktothrix. De Microcystis is overigens de meest voorkomende blauwalgensoort in zoete Nederlandse waterlichamen (Rijnland, 2012).

3 Gebiedsbeschrijving

In dit hoofdstuk is de, voor het onderzoek relevante, informatie over het Oosterduinse Meer bijeengebracht. Hiermee dient dit hoofdstuk als de basis voor het uitwerken van de acht maatregelen. Als eerste wordt ingegaan op de geografische ligging, het huidige gebruik, en de bodem van het gebied. Vervolgens is de hydrologische werking en de waterkwaliteit van het Oosterduinse Meer beschreven. Naast deze gebiedsbeschrijving is in bijlage A een foto impressie toegevoegd om een beeld van het karakter van het gebied te kunnen vormen.

3.1 Geografische ligging

Het Oosterduinse Meer is, in de provincie Zuid-Holland, op anderhalve kilometer ten westen van de dorpskern van Noordwijkerhout gelegen. In figuur 3-1 is de precieze ligging weergegeven. Het meer heeft een oppervlakte van 36 hectare. Het heeft een lange zijde van ca. een kilometer en een korte zijde van ca. vierhonderd meter. De diepte bedraagt maximaal circa vijftien meter. In bijlage C is zijn de dieptegegevens uitgewerkt en de gemiddelde diepte is berekend op zeven meter. Het agrarische landgebruik in de directe omgeving bestaat in zijn geheel uit bollenteelt. Ten westen van het meer liggen verder nog enkele recreatieparken. De hemelsbrede afstand tot aan de zeereep bedraagt circa zevenentwintighonderd meter. Het duingebied begint op anderhalve kilometer afstand van het meer. Het meer is ontstaan als zandwinning. Deze ontzanding is begonnen in de begin jaren vijftig en is gestopt in 1970.



Figuur 3-1 & 3-2. Topografische kaart ANWB atlas 2004 en detailkaart ANWB atlas 2004 met de westelijke en zuidelijke zwemoevers aangegeven.

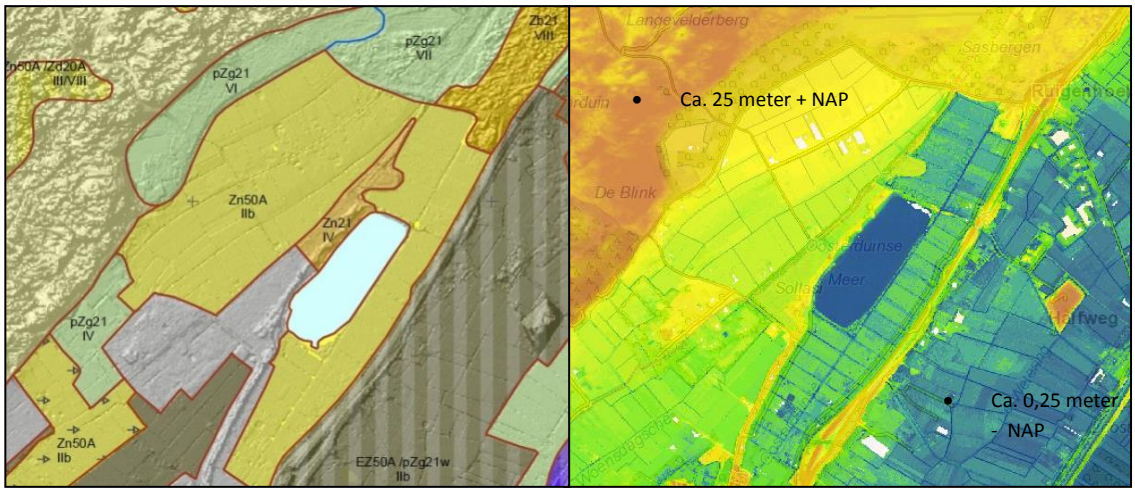
3.2 Huidig gebruik

Het Oosterduinse Meer en de directe omgeving zijn ingericht voor recreatieve doeleinden. Het gebied wordt voornamelijk bezocht door inwoners van de gemeente Noordwijkerhout en dagtoeristen welke verblijven in de omliggende vakantieparken van ‘Sollasi’ en ‘Landal Greenparks Dunimar’. De provincie Zuid-Holland heeft voor de recreanten twee zwemwaterlocaties aangewezen. Deze zijn aangegeven in figuur 3-2. Deze gebieden zijn gelegen in de zuidwesthoek van de plas en aan de westelijke oever. Naast deze

zwemwaterlocaties is de rest van het meer ook geschikt om in te kanoën, surfen en te vissen. De recreatiedruk is de laatste aantal jaren echter flink afgenomen. Dit komt door een veranderde behoefte van de recreant en door de (periodieke) aanwezigheid van blauwalg. (BWZ ingenieurs, 2012)

3.3 Bodem

De bodem in de omgeving van het Oosterduinse Meer bestaat voornamelijk uit kalkhoudende, *leemarme* zandgronden. Dit matig fijne zand komt overeen met de in de duinen voorkomende zandgronden. Uit het hoogteprofiel van het gebied is af te leiden dat er een verloop is van de hoge duinen ten westen van het meer (circa 25 meter + NAP), tot de dieper gelegen polders landinwaarts (circa 0,25 meter – NAP). Figuur 3-4 toont een uitsnede van de hoogtekaart.



Figuur 3-3 & 3-4. Uitsnede uit de digitale bodemkaart 24-Oost (Links), Uitsnede uit de AHN (Rechts).

Figuur 3-3 toont een uitsnede van de bodemkaart. De code Zn21 welke gelegen is aan een gedeelte van de westoever, staat voor een vlakvaaggrond met *leemarm* tot zwak lemig fijn zand. De rest van de directe omgeving bestaat uit kalkhoudende vlakvaaggronden met matig fijn zand (Zn50A). De term vaaggronden houdt in dat er weinig tot geen bodemvormende processen hebben plaatsgevonden. In het geval van vlakvaaggronden zijn dit zandgronden in jonge polders en/of afgegraven terreinen.

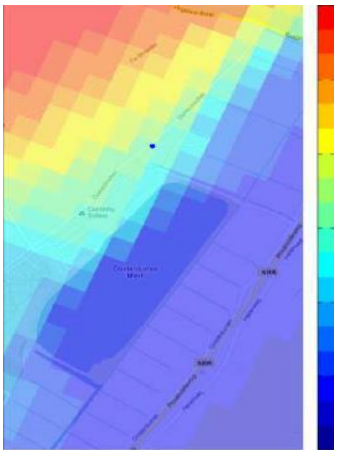
Het in de bodem aanwezige kalk heeft momenteel geen tot weinig invloed meer op het fosfaatgehalte van de grondwaterstroming richting het meer. Een mogelijke verklaring hiervoor is de langdurige aanvoer van fosfaten welke het calcium in de loop der jaren heeft verzadigt. Mede door de gemeten fosfaatwaarde in het grondwater wordt in deze rapportage aangenomen dat de kalkhoudende vlakvaaggronden dus weinig effect hebben op de fosfaataanvoer richting het Oosterduinse Meer.

3.4 Hydrologie

Om de maatregelen te toetsen op de effectiviteit tegen blauwalgen in het Oosterduinse Meer, is het van belang inzicht te krijgen in de hydrologische werking van het systeem. De gegevens uit deze paragraaf komen uit de *watersysteemanalyse* van het Oosterduinse Meer welke het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft opgesteld in 2012. (Rijnland, 2012) Het Oosterduinse Meer is onderdeel van het oppervlaktewatersysteem Rijnlands

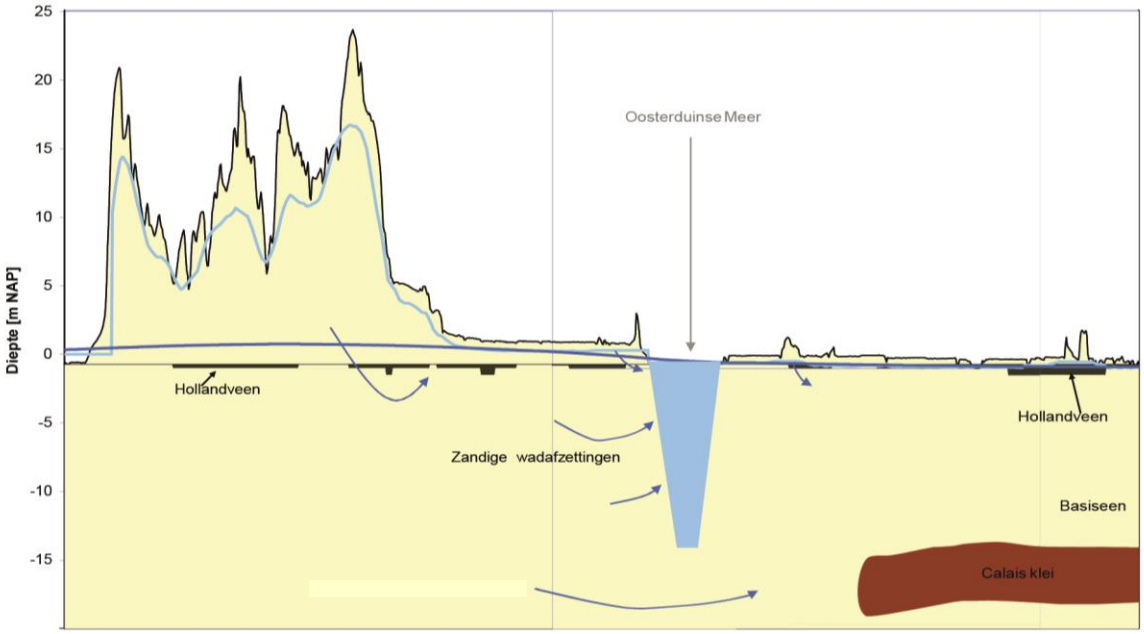
Boezemstelsel. In dit boezemstelsel worden peilen gehanteerd tussen de -0,61 NAP (zomerpeil) en -0,64 NAP (winterpeil). In het landbouwgebied ten westen van het meer worden hogere peilen gehanteerd. Het gebied ten oosten van het meer heeft daarentegen een lager peil.

De bodemopbouw binnen het gebied bestaat uit een twintig meter dikke laag *holocene afzettingen*. Deze laag is over het algemeen goed doorlatend met lokaal een dunne ondoorlatende klei- of veenlaag. Onder deze deklaag bevindt zich het eerste *watervoerende pakket.* Dit pakket bestaat uit ouder grofzandig en deels grindhoudend materiaal dat is afgezet in het *pleistocene* tijdperk. De onderkant van deze laag ligt gemiddeld op zestig meter onder het maaiveld. Het grondwaterniveau is net als het oppervlaktewaterpeil verschillend aan beide zijden van het meer. Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft, aan de hand van gegevens van een peilbuis ten noorden van het Oosterduinse Meer, de *stijghoogte* voor de omgeving gemodelleerd. In figuur 3-5 is te zien dat de *stijghoogte* in zuidoostelijke richting afneemt, de grondwaterstroming is dus zuidoost gericht.



Figuur 3-5. Stijghoogtekaart

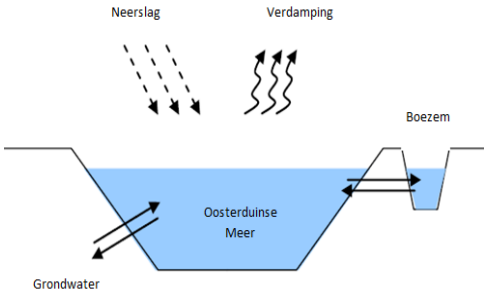
Doormiddel van modelberekeningen (met het programma AMWADU) is er een indicatief beeld verkregen van de grondwaterstromingen richting het Oosterduinse Meer. In figuur 3-6 is een overzicht van deze waterstromingen weergegeven. Deze dwarsdoorsnede loopt vanaf de zeereep tot zeshonderd meter landinwaarts.



Figuur 3-6. Grondwaterstromingen rond het Oosterduinse Meer.

Doordat het grondwater in de westelijke richting hoger is dan het waterpeil van het meer zelf zal er een toestroming van het grondwater richting het meer aanwezig zijn. Doormiddel van de modelberekeningen is aangetoond dat het kwelwater afkomstig is van de ten westen gelegen polder Het Langeveld. Het in de duinen geïnfiltreerde water stroomt onder het meer door en kwelt op in de oostelijker gelegen polder. De stroombanen bereiken een maximale diepte van dertig meter onder het maaiveld. De verblijftijd van het grondwater ligt tussen de twintig en tachtig jaar.

De belangrijkste factoren voor de aanvoer van het water zijn: neerslag, grondwaterstroming, en de oppervlaktewaterverbinding met de boezem. Voor de afvoer zijn de belangrijkste factoren; verdamping, grondwaterstroming, en de oppervlaktewaterstroming richting de boezem. Een waterbalans is weergegeven in onderstaande figuur 3-7. In tabel 3-1 zijn de bijbehorende hoeveelheden opgenomen.

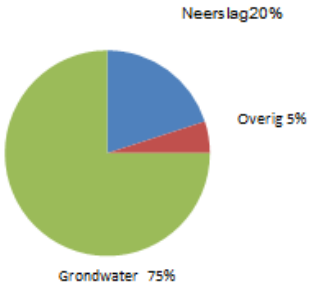


Figuur 3-7 Globale waterbalans

Waterbalanspost	Hoeveelheden m³/jaar	
Verdamping (uit)	338.000	32%
Boezem (uit)	716.000	68%
Neerslag (in)	318.000	30%
Grondwater (in)	736.000	70%
- Ondiep grondwater	460.000	- 62%
- Diep grondwater	276.000	- 38%

Tabel 3-1. Waterbalanspost voor de periode 2000-2009

In figuur 3-8 is de mengverhouding van het Oosterduinse Meer in een cirkeldiagram weergegeven. Het grootste aandeel aan water welke aanwezig is in in het meer is van oorsprong grondwater. Dit bedraagt circa 75% van het in het meer aanwezige water. Ongeveer 20% van het water in het meer is oorspronkelijk afkomstig van neerslag, en de overige 5 % is afkomstig uit de boezem en vormt hiermee een zeer kleine deel. Dit water is het systeem ingekomen tijdens een natte periode. Dan fungeert het meer als retentiegebied. Naast figuur 3-8 is de bijbehorende tabel 3-2 weergegeven met de mengverhoudingen in m^3.



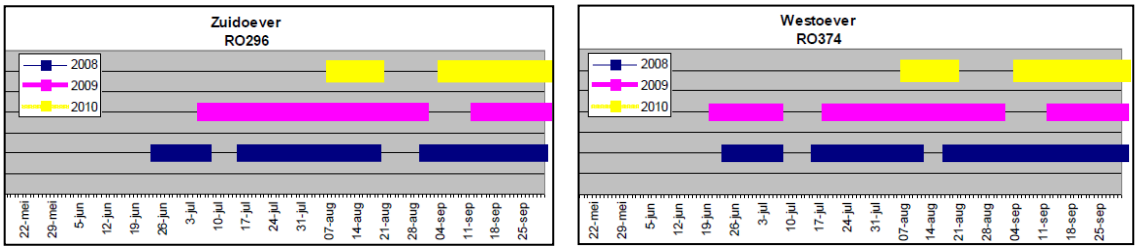
Figuur 3-8. Globale mengverhouding van het Oosterduinse Meer

Herkomst mengverhouding	m^3
Grondwater	1.875.000
Neerslag	500.000
Boezem	125.000
Totaal	2.500.000

Tabel 3-2. Overzicht herkomst mengverhouding

3.5 Waterkwaliteit

Zoals in hoofdstuk twee al is aangegeven, voldoen de zwemwaterlocaties van het Oosterduinse Meer niet het hele jaar door aan de waterkwaliteitseisen van de ZWR. In figuur 3-9 zijn de opgegeven zwemwaarschuwingen van de provincie weergegeven om aan te geven hoe groot het probleem met de blauwalg is.



Figuur 3-9. Zwemwater waarschuwingen voor de zuid- en westoever in de periode 2008 t/m 2010.

De explosieve groei van de blauwalgen is onder andere het gevolg van de grote nutriëntentoevoer, meer specifiek de fosfortoevoer. De bron van deze nutriënten is te vinden in de herkomst van het water. Zoals in de tabellen in de vorige paragraaf is af te lezen, is ongeveer 44% van het water in het meer grondwater welke in de naastgelegen polders is geïnfiltreerd.(62% van het grondwater in het meer is oorspronkelijk afkomstig van ondiep grondwater. Dit komt neer op 44% van het totale aandeel grondwater in het meer). Doordat er in deze polders op zeer arme zandgronden bemesting plaats vindt, en deze bijna geen bindingsmogelijkheden meer hebben, komen de nutriënten direct in het grondwater terecht. Naast de te hoge fosfaataanvoer spelen ook voornamelijk temperatuurverschillen in stilstaande lagen in het meer een rol.

Het Oosterduinse Meer is door het Hoogheemraadschap van Rijnland niet voorgedragen als een *KRW-waterlichaam*. Hierdoor zijn de strengere waterkwaliteiteisen van de KRW hier niet van toepassing. De ZWR stelt dat er in het Oosterduinse Meer een situatie gecreëerd dient te worden waar men, in de periode één mei tot één oktober, in schoon en gezond water kan zwemmen. Een mogelijkheid om hier aan te voldoen is het fosfaatgehalte in het meer te reduceren. Een vaak gebruikte norm om aan te toetsen zijn de MTR (Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau) waarden. In tabel 3-3 worden de MTR waarden vergeleken met de door het Hoogheemraadschap van Rijnland gemeten waarden van het meer. Deze norm is echter voor een watersysteem waar al blauwalg problemen zijn niet streng genoeg om de zwemwaterkwaliteiten te borgen. Om aan de ZWR te voldoen moet een norm worden gehanteerd van 0,04 P mg/l.

Tabel 3-3. Toetsing waterkwaliteit aan MTR

Normen	MTR Norm	Methode	Oosterduinse Meer		
			- Zuid west zwemlocatie	- Midden in het Meer	- Westelijke zwemlocatie
P-totaal	0,15 mg/l	Zomergemiddelde	1,37 (2007)	1,31	1,39 (2007)
N-totaal	2,2 mg/l	Zomergemiddelde	1,8 (2007)	1,6	1,7 (2007)
Chloride	200 mg/l	90-percentiel	78 (2000)	84	-
Temperatuur	25 °C	90-percentiel	22,0	18,4	22,1
Doorzicht	0,4 m	Zomergemiddelde	0,6	1,3	0,6
pH	6,5-9	10P-90P	8,8-9,3	8,2-9,0	8,8-9,3
Zuurstof	5 mg/l	10P	10,2 (2007)	10,0	10,4 (2007)

De 1,37 mg/l fosfor in het Oosterduinse Meer komt overeen met een massa van 3425 kilogram fosfor in het totale waterlichaam. De norm geeft aan dat er in het meer slechts 100 kilogram aanwezig mag zijn. In het meer is dus een fosforoverschot van 3325 kilogram. In de tabel is ook af te lezen dat de pH in het Oosterduinse Meer aan de hoge kant is. Dit komt waarschijnlijk door primaire algenproductie waarbij koolzuur wordt verbruikt. Bij een afname van de algenbloei zal deze naar alle waarschijnlijkheid geleidelijk binnen de norm zakken.

Zoals gezegd, is er vanuit de omliggende bollenvelden een te grote aanvoer van fosfaten. Het Hoogheemraadschap van Rijnland voert momenteel gesprekken binnen de bollensector om te kijken of deze aanvoer van fosfaten kan worden verminderd. Deze bronaanpak zal alleen pas na ongeveer vijftig jaar effect hebben in verband met de snelheid van de grondwaterstroming. Om deze reden moet er dus gezocht worden naar een symptoomaanpak die een van de groeifactoren van de blauwalgen weg kan nemen. Het extra uitputten van fosfor kan hier ook een mogelijkheid zijn. De maatregelen kunnen hierdoor dus niet alleen voor een vermindering van blauwalg zorgen, maar ook voor een algehele verbetering van de waterkwaliteit.

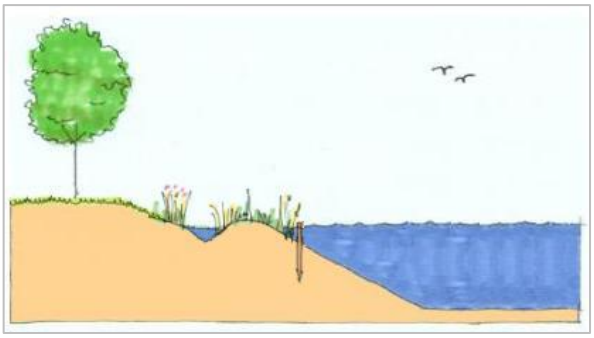
4 Maatregelen

In de volgende paragrafen zijn de maatregelen stuk voor stuk uitgewerkt. Hierbij gaat het om de maatregelen zoals genoemd in paragraaf 1.2. Per maatregel zullen de volgende punten worden behandeld:

- *Algemene werking:* Hier is uitgelegd op wat voor manier de maatregel bijdraagt aan het terugdringen van de blauwalgproblematiek.
- *Technische toepasbaarheid:* Onder technische toepasbaarheid wordt de uitvoering van de maatregel in het Oosterduinse meer behandeld. Op deze kan worden bepaald of de maatregel daadwerkelijk toegepast kan worden in het Oosterduinse Meer.
- *Effectiviteit:* De werking van de maatregel in het Oosterduinse Meer wordt hier getoetst. Waar mogelijk is de fosfaatreductie berekend.
- *Draagvlak:* Onder draagvlak valt de mening van betrokken partijen en ondernemers bij het meer. De informatie is gebaseerd op interviews met Mark Kramer en Bruce Michielsen van het Hoogheemraadschap van Rijnland, Marijke Waterreus van de gemeente Noordwijkerhout, familie Freund van surfclub Como, Jan Noorlander van Mijbupark BV (Sollasi) en Klaas van Zijverden (Kano- en bootverhuur)
- *Duurzaamheid:* Hier is per maatregel beschreven in welke mate het watersysteem zich zelf in stand kan houden na het uitvoeren van de maatregel en in hoeverre er beheer en onderhoud nodig is. Onder duurzaamheid wordt dus “robuustheid” verstaan.
- *Economische haalbaarheid*: De kosten welke gemoeid zijn bij het uitvoeren van de maatregel worden in een tabel weergegeven. Het betreft een indicatieve kostenraming. De kosten moeten worden gezien als een orde van grote.

4.1 Aanleggen natuurvriendelijke oevers

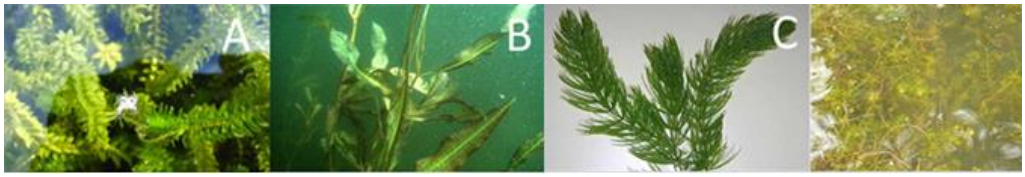
Een ‘natuurvriendelijk oever’ is een oever welke zodanig is ingericht dat de gewenste flora en fauna zich er kan vestigen en handhaven. Door het verflauwen van de oever ontstaat langs het waterlichaam een groter oppervlak, en hierdoor een grote variatie in groeiomstandigheden. Deze oevers dragen daarnaast ook bij aan het verbeteren van de waterkwaliteit van het waterlichaam, en leveren op de volgende drie manieren een bijdrage aan blauwalgbestrijding. In figuur 4-1 is een schets van de mogelijke toekomstige situatie weergeven bij deze maatregel.



Figuur 4-1. Schets natuurvriendelijke oevers

- *Opname door vegetatie en zuurstofvorming*

De groei van onder anderen *helofyten* op de natuurvriendelijke oever zorgt voor vastlegging van fosfaten in de *biomassa* van de planten. Als deze planten aan het einde van het groeiseizoen afsterven komen de voedingsstoffen terug in het systeem. De invloed van deze cyclus op de algengroei kan behoorlijk oplopen als in acht wordt genomen dat de fosfaten 'niet beschikbaar' zijn op het bloeimoment van de blauwalgen. (Stowa 2010) Als de oevervegetatie daarbij ook een maai- en afvoerbeleid krijgt opgelegd, zal een groot deel van de opgenomen fosfaten worden verwijderd uit het systeem. (Rijnland 2010) De onderwatervegetatie zorgt verder nog voor het beschikbaar komen van zuurstof in het water. Fosfaten kunnen op deze manier gemakkelijker worden vastgelegd aan al aanwezige ijzer (III) ionen. (Land + Water, 2011) Enkele zuurstof-vormende waterplanten zijn weergegeven in figuur 4-2



Figuur 4-2, Veel voorkomende zuurstofvormende waterplanten in natuurvriendelijke oevers: waterpest (A), hoornblad (B), glanzend fonteinkruid (C) en vederkruid (D).

- *Tijdelijke droogval als gevolg van peilfluctuaties*

Door het creëren van een plas/dras berm in de natuurvriendelijke oever kan in de droge periode als gevolg van peilfluctuaties plaatselijke droogval optreden. Op deze momenten kunnen de, in het water voorkomende, gereduceerde ijzerverbindingen (Fe^{2+}) oxideren. Dit proces zorgt voor het vrijkomen van, voor fosfaten beschikbare, ijzer(III) ionen (Fe^{3+}). De fosfaatbeschikbaarheid zal bij *inundatie* pas na een aantal maanden weer op het oude niveau zijn. Hierdoor zal het aantal fosfaten, welke beschikbaar is voor de blauwalgen, in de bloeiperiode afnemen. Een nadelig effect van de droogval is, dat onder deze *aerobe omstandigheden*, mineralisatie van organisch materiaal plaats kan vinden. Dit vormt namelijk een bron van

- *Verbeteren condities voor macrofauna*

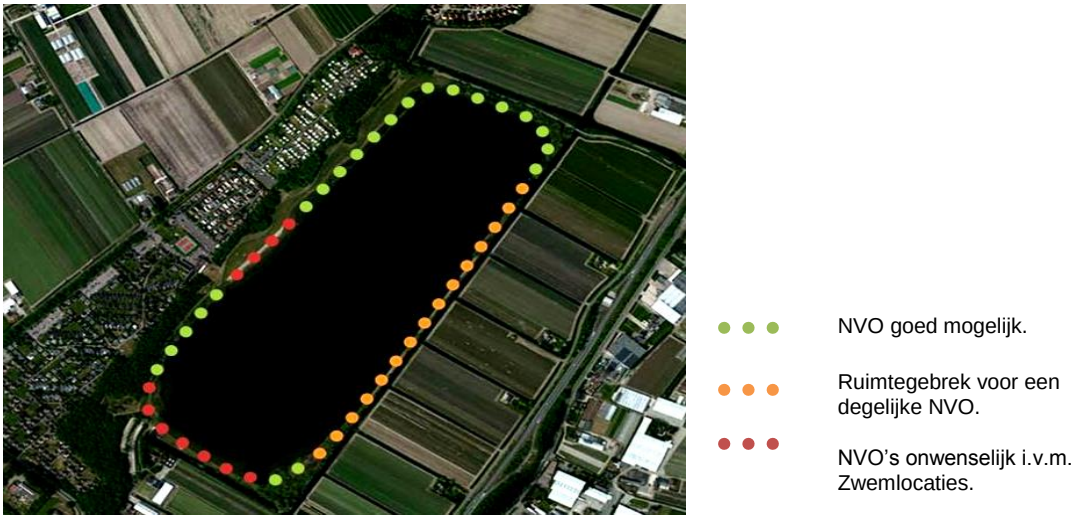
Het ondiepe water en de vele beschuttingen in een natuurvriendelijke oever zijn aantrekkelijke plaatsen voor macrofauna. De watervlo, welke vaak in vele getale voorkomt, heeft onder andere blauwalg als voedingsbron. Watervlooien zullen blauwalgen consumeren als normale algen niet meer beschikbaar zijn. Het aantal blauwalgen kan enigszins afnemen als gevolg van deze consumptie. De concentratie fosfaten in het meer zal door de aanwezigheid van macrofauna niet dalen, waardoor de algenbloei hoogstens kan worden uitgesteld maar niet kan worden voorkomen. (Rijnland 2007)

4.1.1 Technische toepasbaarheid

Het Hoogheemraadschap van Rijnland geeft voor dit type waterlichamen (diepe plassen) een richtlijn voor de breedte van de natuurvriendelijke oever van circa drie en een halve meter. In veel gevallen is de huidige oever smaller en vraagt het aanleggen van natuurvriendelijke oevers om een verbreding van de bestaande oever. Dit kan op twee manieren worden aangepakt: de oeverzone verondiepen, of het droge oevergedeelte afgraven. (Rijnland 2010) Beide mogelijkheden worden hierna toegelicht.

Verondiepen. Door de ontstaanswijze van het Oosterduinse Meer is het een relatief diep waterlichaam. Om dit hoogteverschil te overbruggen loopt de bodem van het meer vanuit de oever vrij steil naar beneden. De uitbreiding van de oevers naar de waterzijde is hierdoor zeer gecompliceerd. Het hoogteverschil tussen het opgehoogde deel en de doorlopende waterbodem zou dan extreem steil worden waardoor deze erg onstabiel wordt en kan wegzakken. (Stowa, 2010)

Afgraven. De mogelijkheid om de natuurvriendelijke oevers aan te leggen in de bestaande oevers van het Oosterduinse Meer verschilt per zijde. Voor beide zwemwaterlocaties geldt dat het onwenselijk is om hier natuurvriendelijke oevers te realiseren. Hetzelfde geldt voor de oever aan de zuidkant van het meer dat wordt gebruikt als zonneweide. Door de zeer smalle oeverstrook aan de gehele oostzijde is het omvormen van deze oever technisch niet haalbaar. Het *talud* dat dan zal moeten worden gehanteerd, is te steil om de oever te laten fungeren als natuurvriendelijke oever. Aan de noordzijde, en het overige gedeelte van de westzijde, is voldoende ruimte om natuurvriendelijke oevers landinwaarts te realiseren. De totale lengte aan nieuwe natuurvriendelijke oevers, zoals weergegeven in figuur 4-3, komt neer op 1150 meter.



Figuur 4-3, Mogelijkheden voor de technische realisatie van natuurvriendelijke oevers

Uit de overgebleven oevers heeft de noordwestelijke zijde de meeste potentie zich te ontwikkelen. Dit komt voornamelijk doordat dit de *loefzijde* van het meer is. Door de oever aan deze zijde te realiseren zal de toevoer van fosfor door de stroming in het waterlichaam, onder leiding van de wind, optimaal zijn. De aanleg van een vooroever is in dit geval wel nodig om erosie door golfslag tegen te gaan.

4.1.2 Effectiviteit

In het Oosterduinse Meer is, zoals in de gebiedsbeschrijving is beschreven, een zeer kleine fluctuatie tussen het zomer- en winterpeil. Hierbij is het zomerpeil drie centimeter hoger dan het winterpeil. Deze gehandhaafde peilen zijn vrij stabiel waardoor het effect van tijdelijke droogval maar over een zeer beperkt gedeelte van de oevers zal optreden. De invloed hiervan op het fosfaatgehalte in het waterlichaam is te verwaarlozen.

Berekeningen voor de zuiverende werking van een natuurvriendelijk oever zijn, door de complexiteit van het systeem, zeer lastig. Voor de opname van planten en accumulatie in de bodem van fosfaten kunnen de volgende waarden wel als richtlijn gebruikt worden:

Tabel 4-1, Fosfaatopnamen natuurvriendelijke oever (Stowa, 2011-b)

Proces	P (kg ha^{-1} J^{-1})
Opslag in vegetatie voor een meer	20
Accumulatie/ sedimentatie	20
totaal	40

Met een totale berekende oppervlakte van 4025 vierkante meter aan natuurvriendelijke oevers komt dit, mits de *biomassa* wordt geoogst, neer op een geschatte 16,1 kg fosfaat per jaar aan reductie. In het meer is een totale massa van fosfaat van 3425 kg aanwezig. Er van uitgaande dat deze situatie stabiel is, zal de massa aan fosfaat neerkomen op 3408,9 kg. Dit is ver boven de gestelde norm van 100 kg. Het aanleggen van natuurvriendelijke oevers is dus niet effectief in het tegengaan van blauwalgen in het Oosterduinse Meer. De geringe reductie die optreedt zal vooral rondom de oevers optreden. Wel draagt de maatregel bij aan het verbeteren van de ecologische omstandigheden. Dit is echter irrelevant voor de zwemwaterrichtlijnen.

4.1.3 Draagvlak

De meningen van de betrokken partijen over het aanleggen van natuurvriendelijke oevers zijn verdeeld. Dhr. Noorlander van Mijbupark b.v. (Solassi) is van mening dat het aanleggen van natuurvriendelijke oevers de recreatieve aantrekkingskracht van het meer wegneemt. Het meer is een recreatiegebied. Natuur hoort hier niet de overhand te krijgen. Dhr. Noorlander merkt ook op dat in de huidige natuurvriendelijke oevers het algenprobleem erg groot is. Dhr. van Zijverden is om deze reden ook geen voorstander van het aanleggen van natuurvriendelijke oevers. Marijke Waterreus van de gemeente ziet het aanleggen van natuurvriendelijke oevers wel als een maatregel met potentie. Het Hoogheemraadschap van Rijnland is niet tegen het aanleggen van natuurvriendelijke oevers, maar ziet de maatregel niet als mogelijkheid tot het bestrijden van blauwalg.

4.1.4 Duurzaamheid

Door het aanleggen van natuurvriendelijke oevers veranderen de standplaatscondities van de oevers. Het zal hierdoor enige tijd duren voordat de natuurvriendelijke oevers zorgen voor een verbetering van de waterkwaliteit. Als dit punt bereikt is, is het systeem redelijk stabiel te noemen, en zullen de natuurvriendelijke oevers enige tijd meegaan. Om deze stabiliteit van de oever te behouden, en om de nutriënten die door planten worden opgenomen daadwerkelijk te verwijderen, is gefaseerd onderhoud in de vorm van maaien en afvoeren nodig. Dit onderhoud zal eens in de één á twee jaar plaatsvinden. Op dit onderhoud na is geen beheer nodig aan de oevers. Het systeem zal zich, na de aanleg, zelf in stand houden waardoor de maatregel duurzaam te noemen is.

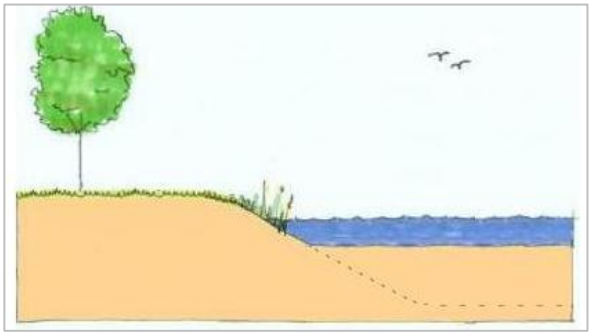
4.1.5 Economische haalbaarheid

Deze kostenraming is tot stand gekomen door gebruik te maken van de waarden welke zijn opgenomen in de 'handreiking natuurvriendelijke oevers'. Dit rapport is in 2009 opgesteld in opdracht van de Stowa. De raming is vervolgens aan enkele deskundigen, zoals een projectleider van waterschap Rivierenland, voorgelegd en aangepast.

Tabel 4-2, Overzicht kosten voor de aanleg en onderhoud van een natuurvriendelijke oever

Aanleg			Kosten		per m1
	Metingen & trace uitzetten		€ 2.000,00	€ 2.000,00	
	Grond ontgraven	m3	€ 1,25	€ 2.156,25	
	Grond afvoeren	m3	€ 4,00	€ 6.900,00	
	Palenrij heien	m	€ 90,00	€ 103.500,00	
	Beschoeiing plaatsen	m	€ 65,00	€ 74.750,00	
	Spitten en ploegen	are	€ 7,00	€ 281,75	
	Egaliseren	are	€ 15,00	€ 603,75	
	Cultiveren	are	€ 1,50	€ 60,38	
	Aanplanten	m	€ 14,00	€ 16.100,00	
			Totaal	**€ 206.350,00**	**€ 179,44**
Onderhoud					
	Maaien en afvoeren natuurvriendelijke oever	m	€ 1,00	€ 1.150,00	
			Totaal	**€ 1.150,00**	**€ 1,00**

4.2 Verondiepen recreatieplas



Figuur 4-4. Schets verondiepen recreatieplas

Diepe zandwinplassen kunnen, in het kader van gebiedsontwikkeling, worden verondiept om het waterlichaam aan te passen aan de gebruiksfunctie. Dit heeft als belangrijkste doel het creëren van veiligheid voor de gebruiker en recreant. Daarnaast kan het verondiepen van een diepe plas de natuur- en recreatiewaarde verhogen. Zo is een ondiepe plas een aantrekkelijk habitat voor waterplanten, watervlooien, vissen en watervogels. De waterkwaliteit kan hierdoor aanzienlijk verbeteren. Het ophoogmateriaal, dat wordt gebruikt om de bodem van de plas te verhogen, bestaat meestal uit baggerspecie, met daar bovenop een afdeklaag van gebiedseigen materiaal. In figuur 4-4 is een schets van de nieuwe situatie gegeven.

Als een diepe plas wordt omgevormd tot een ondiepe plas (verondiepen), worden de temperatuurverschillen tussen de lagen minimaal. De circulatie kan hierdoor het gehele jaar doorgaan waardoor de *thermische stratificatie* (zie kader) niet meer voor komt. (Stowa, 2008)

Thermische Stratificatie

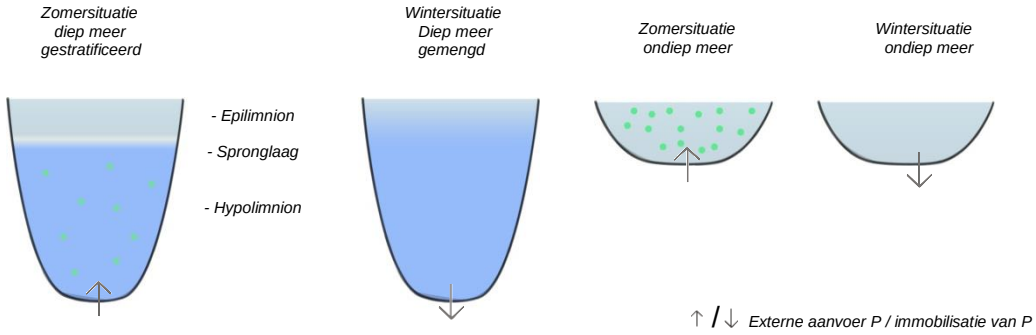
De beweging van het water in een diep meer is in het verloop van de seizoenen verschillend. De oorzaak hiervan komt door het verschil in dichtheid van water bij verschillende temperaturen. In het voorjaar is er een gehele circulatie van het water. Door de zeer geringe temperatuurverschillen, en daarmee de geringe verschillen in dichtheid, kan de wind deze circulatie gemakkelijk op gang brengen. In de zomer lopen de temperaturen in de bovenste laag (het *epilimnion*) op, waardoor er een verschil in dichtheid ontstaat tussen deze laag en de onderste laag (het *hypolimnion*). Het *hypolimnion*, met een gemiddelde temperatuur van 4 °C, mengt niet meer met de rest van de waterkolom en blijft dus onderin hangen. Hiertussen ontstaat een dunne overgangszone welke de spronglaag (het *metalimnion*) wordt genoemd. In deze dunne menglaag blijven veel zwevende deeltjes en zwerfvuil hangen. Dit kan voor kleine organismen een barrière vormen. De natuurlijke menging van het water valt hierdoor weg. Dit effect van verschillende stilstaande waterlagen wordt ook wel *thermische stratificatie* genoemd. Door de temperatuursdaling in de herfst zal het *epilimnion* weer afkoelen en komt de circulatie, onder invloed van de wind, weer op gang. Eventuele stratificatie in de winterperiode is ook mogelijk. Dit kan ontstaan als het meer dicht vriest en de wind hierdoor geen circulatie meer kan creëren. Bij diepe waterlichamen zal het echter hard moeten vriezen wil dit voorkomen. (Stowa, 2010), (Stowa, 2008)

Tussen de gevormde lagen vindt weinig tot geen uitwisseling van nutriënten plaats. Fosfaat dat in de zomer via nalevering van de bodem en/of een kwelstroom aangevoerd wordt, blijft in het *hypolimnion* aanwezig. In het *epilimnion* hopen zich gedurende de periode mogelijk ook nutriënten op. Het gaat hierbij dan om de aanvoer van fosfaten via lozingen, oppervlakkige afstroming, en/of via ondiepe uitspoeling van naastgelegen landbouwgronden. In de herfst mengen beide lagen zich weer waardoor deze fosfaatconcentratie overal gelijk zal zijn. (Stowa, 2010)

De bodem van een waterlichaam kan in de zomer fosfaten naleveren. In een diep waterlichaam kan dit geen probleem zijn. Er zal maar een zeer geringe *blauwalgenbloei* kunnen ontstaan vanwege de lage temperaturen in het *hypolimnion*, en er vindt geen uitwisseling plaats richting het *epilimnion*. Daarnaast zijn er geen ondiepere delen meer waar blauwalgen wel drijflagen kunnen vormen. Door meer licht te creëren in het waterlichaam verhoogt de kans op drijflaagvorming. Bij het verondiepen zal moeten worden gelet op de fosfaatgehalten in het aan

te brengen ophoogmateriaal. Als deze te hoog is kan de bodem of de baggerspecie ook hier fosfaten naleveren. In de ‘Handreiking voor het herinrichten van diepe plassen’ wordt een maximale waarde van 1,36 gram P per kilo baggerspecie/grond geadviseerd om dit proces te voorkomen.(VROM, 2010)

Door de gemiddeld hogere temperatuur van het water in een verondiepte plas zal het probleem met blauwalgen groter kunnen worden. Ook zal het water troebeler worden wat resulteert in een grotere kans op drijflaagvorming. In figuur 4-5 is dit gevisualiseerd. De blauwalgen zijn in dit figuur met groene punten aangegeven. (Stowa, 2010)



Figuur 4-5, Situatie die ontstaat bij verondieping van een recreatieplas met een hoge aanvoer van fosfaten.

4.2.1 Technische toepasbaarheid

Het verondiepen van het Oosterduinse Meer is technisch gezien goed mogelijk en in het verleden in vergelijkbare situaties uitgevoerd. Er zal een behoorlijke hoeveelheid grond nodig zijn om de gewenste diepte te bereiken. De nieuwe bodemhoogte zal worden ingesteld op de hoogte van de huidige spronglaag. Deze kan worden berekend met de volgende formule:

$$Diepte\ spronglaag = 4 * \sqrt{Strijklengte\ (km)}$$

Hierin is voor de *strijklengte* de lengte van de zuidwesthoek tot de noordoosthoek genomen. Deze lengte bedraagt ongeveer 1 kilometer.

$$Diepte\ spronglaag = 4 * \sqrt{1} = 4\ meter$$

Met een gemiddelde diepte van zeven meter zal het meer ongeveer drie meter moeten worden verondiept. Het meer heeft een oppervlakte van ongeveer 36 hectare. Dit houdt in dat er ongeveer 1,08 miljoen kuub grond en/of baggerspecie aangevoerd en gestort dient te worden.

4.2.2 Effectiviteit

De situatie zoals in de inleiding beschreven is voor een zeer groot deel helaas niet van toepassing op het Oosterduinse Meer. De hoge fosfaatgehalten komen niet via nalevering uit de bodem maar komen, zoals in de gebiedsbeschrijving is beschreven, via de kwelstroom het

waterlichaam binnen. Verder is er ook geen sprake van een externe aanvoer via lozingen, oppervlakkige afstroming of ondiepe uitspoeling. Door deze aanvoer vanuit de kwelstroom is het fosfaatgehalte in het *epilimnion* het gehele jaar door te hoog. Het verondiepen zelf zal, in het geval van het Oosterduinse Meer, alleen maar voor grotere blauwalgproblemen zorgen omdat het meer gevoeliger wordt voor eutrofiëring. Dit komt omdat het gehele waterlichaam een kleiner volume krijgt en de lichtintensiteit er af neemt. Ook warmt het water sneller op. De condities waarin blauwalgen bloeien worden hierdoor verbeterd waardoor de kans op drijflaagvorming groter is. (L. van Liere, 2013), (Stowa, 2008) Het verondiepen van het meer zal ook zorgen voor een verandering in de waterbalans. Dit zal waarschijnlijk niet resulteren in een effectieve werking van de maatregel. De manier waarop verondiepen een groot positief effect kan hebben is als het meer een gehele nieuwe inrichting krijgt. De reden hiervan is dat tijdens de inrichting rekening gehouden kan worden met de toekomstige ecologische stabiliteit van het systeem. Hierbij kan gedacht worden aan zeer flauwe oevers, vegetatie, visstand etc. Maar hierop zal in deze paragraaf nu niet verder worden ingegaan. In de MCA zal de nadruk liggen op verondiepen als korte termijn maatregel, en wordt geen rekening gehouden met positieve effecten welke het na herinrichting met zich meebrengt.

4.2.3 Draagvlak

Het verondiepen van de recreatieplas is een flinke operatie. Betrokken partijen zien liever een maatregel welke geen flinke ingreep met zich meebrengt. Belangrijker nog zal, volgens Dhr. van Zijverden, de zandsteenfabriek van Herwaarden het verondiepen van de plas tegen kunnen houden aangezien de fabriek nog het recht heeft zand te onttrekken vanuit het meer. Een maatregel welke dit lastiger maakt zal dus niet mogen.

4.2.4 Duurzaamheid

Het materiaal waar doorgaans een diep meer mee wordt opgevuld, is materiaal dat elders overbodig was. Door dit materiaal te gebruiken om te verondiepen, wordt het materiaal als het ware hergebruikt. (Rijnland, 2012) Door het feit dat de maatregel niet het blauwalgprobleem tegen gaat is het niet verstandig om deze, voor deze functie, uit te voeren. Zoals beschreven in de eerste subparagraaf heeft het verondiepen nog wel een aantal voordelen op het gebied van recreatie en natuur. De maatregel kan op zich zelf duurzaam genoemd worden omdat deze maar eenmaal zal hoeven worden uitgevoerd. Aan de verondieping zelf zal namelijk naderhand niks meer gedaan hoeven te worden.

4.2.5 Economische haalbaarheid

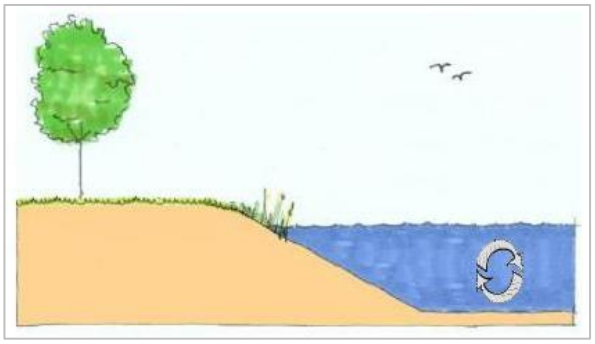
Voor het verondiepen wordt er van uit gegaan dat de grond/baggerspecie afkomstig is van een andere locatie. Omdat deze locatie nog niet bekend is, is deze gesteld op een locatie met een maximale afstand van honderd kilometer vanaf het Oosterduinse Meer. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de kosten en specifieke kostenposten. (Bodemrichtlijn, 01)

Tabel 4-3. Overzicht kosten verondiepen

Aantal m3	1080000				
Aantal ton	1080				
Aantal kilometer	100				
Kostenpost	Eenheid	Prijs per eenheid	Hoeveelheid	Totaal	
Laden uit depot/andere locatie	m3	€ 0.50	1080000		€ 540.000,00
Transport per vrachtauto	ton/km	€ 0.10	162000		€ 16.200,00
Lossen op eindbestemming	ton	€ 0.20	1620		€ 324,00
Verwerken en storten in meer	m3	€ 0.85	1080000		€ 918.000,00
			Totaal		**€ 1.470.000,00**

4.3 Aanbrengen luchtmenginstallaties

Zoals in voorgaande paragraaf 4.2 ‘verondiepen van de recreatieplas’ is gebleken, wordt de bloei van blauwalg bevorderd door de in het meer optredende *thermische stratificatie*. Stilstaand (warm) water is één van de factoren die tot *blauwalgenbloei* leidt.

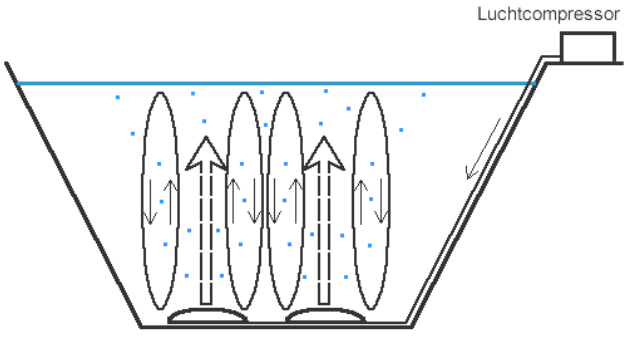


Figuur 4-6. Schets luchtmenginstallaties

Sinds 2008 is het Hoogheemraadschap van Rijnland op verschillende locaties bezig met blauwalgbestrijding door middel van het tegen gaan van de *thermische stratificatie*. (Zie figuur 4-6) Dit wordt gedaan doormiddel van een luchtmenginstallaties.

Een luchtmenginstallatie zorgt kort gezegd voor een menging van het *hypolimnion* en het *epilimnion* in een diep meer door het creëren van stroming. Deze stroming wordt gecreëerd onder begeleiding van luchtbellen. De installatie zorgt hiermee voor het tegen gaan van de, in de zomer voorkomende, *thermische stratificatie*.(zie paragraaf 4.2 voor uitleg van *thermische stratificatie*) Naar de effectiviteit van het aanbrengen van een traditionele luchtmenginstallaties is, door onder andere Witteveen & Bos in 2011 en adviesbureau RPS in 2013, een onderzoek uitgevoerd. De bevindingen, met het oog op blauwalgbestrijding, zijn hieronder samengevat.

Door het op de bodem plaatsen van luchtmenginstallaties wordt er door middel van compressoren lucht van af de bodem recht omhoog het meer in geblazen. Deze luchtbellen zorgen door hun weg omhoog voor een verticale menging van het water. In figuur 4-7 is een schets gegeven van een traditionele installatie.(Witteveen & Bos, 2011) De installatie zal alleen in de warmere periode, 1 mei t/m 30 september, in bedrijf hoeven te zijn omdat het meer in de overige maanden voor haar eigen doorstroming zorgt. (Rijnland,01)



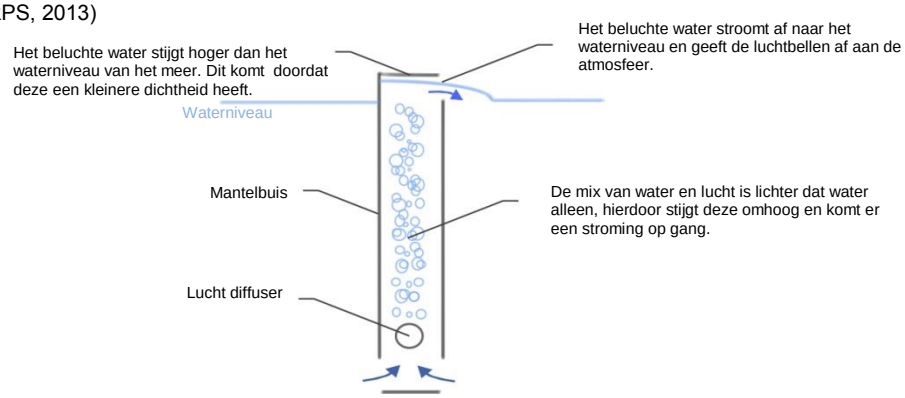
Figuur 4-7, Schematische werking traditionele luchtmenginstallatie

Het wegblijven van stratificatie heeft verschillende positieve effecten op het watersysteem: blauwalgen krijgen geen kans om drijflagen te vormen, het doorzicht van het water wordt vergroot, en in het *hypolimnion* neemt het gehalte aan zuurstof toe terwijl dit in het *epilimnion* afneemt. Het zuurstofrijker worden van het *hypolimnion* heeft nog als positief neveneffect dat dit zorgt voor oxidatie van het in de waterkolom aanwezige gereduceerde ijzer. Dit bindt zich aan fosfaat waardoor deze immobiliseert en neer slaat op de bodem.

Voor de maatregel geldt als belangrijkste randvoorwaarde dat wanneer er *thermische stratificatie* optreedt in een meer, de maatregel effectief is. Als richtlijn wordt een diepte van vijftien meter gehanteerd, maar dit is geen harde grens. Daarnaast is het profiel van de plas ook van invloed op de effectiviteit. De installatie werkt optimaal in een geometrisch 'emmer-profiel.' (Witteveen & Bos, 2011)

Airlift

Naast de 'traditionele luchtmenginstallaties' is er ook een tweede manier van verticaal mengen in opkomst welke minder strenge eisen stelt aan de diepte van het waterlichaam. Dit is de zogenoemde 'airlift'. Dit is een vlot dat in het midden van het meer drijft. Onder dit vlot is een buis bevestigd waardoor de lucht naar boven wordt geleid. Een schets van het systeem is weergegeven in figuur 4-8. Door de lucht onder in de buis te blazen worden luchtbellen met een relatief hoge snelheid naar het wateroppervlak getransporteerd. Door het massaverschil van het water met luchtbubbels en de beweging naar boven, wordt het omringende water ander aan de naar binnen gezogen. De compressor wordt van stroom voorzien door een kabel welke over de waterbodem naar het anker van de 'airlift' loopt. Een andere mogelijkheid om het systeem van stroom te voorzien is het toepassen van zonnepanelen op het systeem. (RPS, 2013)



Figuur 4-8, Schematische werking 'airlift' versie luchtmenginstallatie

Luchtmenging is een zeer effectieve maatregel tegen de vorming van drijflagen en daarmee de blauwalgen overlast. Het gehalte aan nutriënten in het waterlichaam zal hierdoor nauwelijks teruggedrongen worden. De luchtmenginstallaties pakken juist de door de hoge nutriëntenbelasting mogelijk gemaakte primaire productie (blauwalgen) aan.

4.3.1 Technische toepasbaarheid

Vanwege de geringe diepte van het Oosterduinse Meer is het wellicht technisch niet haalbaar om luchtmenginstallaties zo te installeren dat deze optimaal werkt. Het diepste punt van het Oosterduinse Meer bedraagt namelijk maar vijftien meter, en de gemiddelde diepte is zeven meter. Door het Hoogheemraadschap van Rijnland wordt het mengen, van het waterlichaam doormiddel van lucht, toch als potentiële maatregel gezien aangezien er goede ervaring is met de methode in wateren ondieper dan vijftien meter. Dit komt voornamelijk door het optreden van *thermische stratificatie* en het optimale emmer-profiel. Voor een traditionele installatie geldt dat er in ieder geval meerdere luchtverdelers op de bodem geplaatst worden. Afgezien van de luchtcompressor is er visueel niets waarneembaar van het systeem.

De installatie van een ‘airlift’ (zie kader) wordt, in een door RPS uitgevoerd onderzoek, verkozen boven de traditionele luchtmenginstallatie. Een ‘airlift‘ zou beter te handhaven zijn in de ondiepere plassen en meer ‘mengrendement’ hebben per compressor. Visueel zijn ‘airlifts’ wel zichtbaar als een rubberen vlot. De vlotten trekken mogelijk zwemmers en vogels aan waardoor een kans bestaat op vandalisme/vernieling.

4.3.2 Effectiviteit

Binnen het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland zijn de laatste jaren een aantal traditionele luchtmenginstallaties in gebruik genomen. Experimenten met deze installaties hebben aangetoond dat de maatregel in andere waterlichamen goed werkt tegen de vorming van drijflagen. De fosfaatbelasting in het Oosterduinse Meer is echter vele malen hoger dan in de meren waar momenteel verticaal gemengd wordt. Luchtmenginstallaties zijn in ieder waterlichaam op maat gemaakte systemen. Deze zijn dus niet één op één vergelijkbaar. Of de maatregel ook in het Oosterduinse Meer effectief zal zijn, kan dus niet met honderd procent zekerheid worden gezegd. Wel wordt een zeer goede werking verwacht.

4.3.3 Draagvlak

Betrokken partijen zien het mengen van lucht als goede potentiële maatregel. Met name het Hoogheemraadschap van Rijnland geeft een duidelijke voorkeur aan deze maatregel en verwacht een goede werking. De voorkeur wordt door ondernemers rondom het meer gegeven aan de traditionele luchtmenginstallatie, aangezien de airlift naar alle waarschijnlijkheid met veel vandalisme te maken zal krijgen. Daarnaast speelt ook mee dat met de airlift het beeld van het meer wordt verstoord. Betrokken partijen zijn verder bang voor het lawaai dat een traditionele luchtmenginstallatie, en daarmee de luchtcompressor, mogelijk met zich mee zal brengen. In het ontwerp dient hier rekening mee gehouden te worden.

4.3.4 Duurzaamheid

Het installeren van een luchtmenginstallatie draagt niet tot nauwelijks bij aan een vermindering van de hoge nutriëntenbelasting in het Oosterduinse Meer. Doordat deze maatregel de groeifactoren van de blauwalg wegneemt, maar nagenoeg niks doet aan het systeem zelf, is het als het ware een symptoombestrijding. De blauwalgen zullen dan ook in het systeem aanwezig blijven maar door de verticale menging niet in staat zijn drijflagen te vormen. Als de luchtmenginstallatie in het seizoen uit wordt gezet zal het meer stratificeren en zullen drijflagen kunnen ontstaan. Om deze reden zal de luchtmenginstallatie dus minimaal vijf maanden per jaar in bedrijf moeten zijn. Ondanks het feit dat de installatie niet het hele jaar in werking is, verbruiken de compressoren veel energie. Airlifts verbruiken, in tegenstelling tot een traditionele luchtmenginstallatie, minder energie omdat deze een kleinere compressor gebruiken.

Geconcludeerd kan worden dat de maatregel niet duurzaam, zoals beschreven in paragraaf 1.2, is. Dit geldt zowel voor het feit dat de installatie ieder jaar opnieuw zal moeten worden ingezet, als wel voor het energieverbruik. Dit laatste kan voor een groot deel worden opgevangen door gebruik te maken van ‘groene energie’, door middel van bijvoorbeeld zonnepanelen. De periode dat de installatie in gebruik is, is ook de periode met de meeste zonuren.

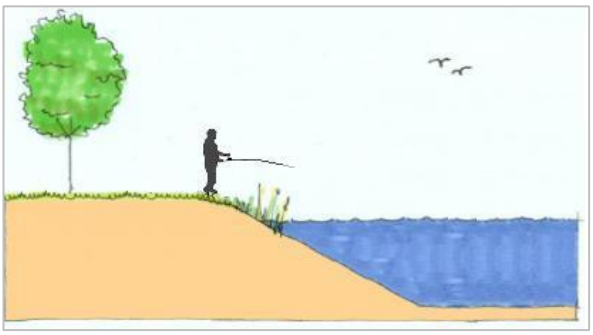
4.3.5 Economische haalbaarheid

In de onderstaande tabel is een globale schatting gegeven van de kosten van de maatregelen als deze toegepast worden in het Oosterduinse Meer. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een traditionele installatie en een airlift. De bedragen zijn afkomstig uit de door RPS opgestelde “haalbaarheidsstudie blauwalgenbestrijding diepe plassen” en uit het telefonische interview met Johan Oosterbaan van Hoogheemraadschap van Rijnland. (RPS, 2013) (J. Oosterbaan, 2013)

Tabel 4-4. Overzicht kosten luchtmenginstallaties

	Traditionele luchtmenginstallatie	Airlift
Aanlegkosten	€ 450.000,-	€ 120.000,-
Energiekosten per jaar	€ 25.000,-	€ 12.000,-

4.4 Vissen wegvangen



Figuur 4-9. Impressie vissenwegvangen

Een slechte waterkwaliteit is vaak te herkennen aan troebel water. Het wegvangen van vissen zorgt voor minder troebel water en kan daarmee bijdragen aan een verbetering van de waterkwaliteit. Deze manier van beheer wordt “actief biologisch beheer” genoemd en kan bijdragen aan het bestrijden van blauwalg.

Actief Biologisch Beheer (ABB) richt zich op het uitdunnen van de visstand, en daarmee een nieuwe balans te creëren tussen de vegetatie en visstand binnen het systeem. Dit heeft via twee groepen vissen effect. De eerste groep zijn de vissen die macrofauna consumeren, zoals de kleine brasem en blankvoorn. Als deze worden weggevangen krijgen watervlooien de kans zich voort te planten. Watervlooien consumeren op hun beurt weer het liefst groenalgen, maar als deze algensoort niet beschikbaar is zullen de vlooien blauwalg gaan consumeren. Dit werkt zeer positief om de blauwalgen populatie in toom te houden. De tweede groep zijn vissoorten die de bodem omwoelen, zoals de grote brasem en de karper. Deze woelen in de bodem van het meer op zoek naar voedsel. Hierdoor komen nutriënten en vaste stofdeeltjes versneld in de waterkolom omhoog. Als deze vissoorten worden weggevangen blijven de nutriënten langer in de bodem en blijft ander materiaal op de bodem liggen. Hierdoor zal het water minder troebel worden. Dit heldere water heeft een hogere lichtintensiteit dan voorheen. De ondergedoken waterplanten kunnen nu gemakkelijker groeien. Zoals te lezen is in paragraaf 4.1 ‘aanleggen natuurvriendelijke oevers’ zorgen bepaalde waterplanten voor *aerobe omstandigheden* en een tijdelijke vastlegging van fosfaten. Onder deze omstandigheden kunnen de blauwalgen de concurrentiestrijd met de planten een stuk minder goed aan en zullen deze niet in staat zijn tot bloei te komen. (RIZA,1992)

4.4.1 Technische toepasbaarheid

Het wegvangen van vissen in grote wateren is een moeilijke opgave. Het Oosterduinse Meer is met haar grootte van 36 hectare een zeer groot waterlichaam in tegenstelling tot andere wateren waarin actief biologisch beheer wordt toegepast. Het is raadzaam de bevissing te laten voorbereiden en coördineren door een gespecialiseerd adviesbureau. Bij voorkeur dient de rapportage en evaluatie door dezelfde instantie te worden gedaan. Om Actief Biologisch Beheer uit te kunnen voeren, is het noodzakelijk om het betreffende waterlichaam, in dit geval het Oosterduinse Meer, volledig af te sluiten van andere waterlichamen. Dit betekent dat ter plaatse van de verbinding met de boezem een viswering dient te worden geplaatst. De plaatsing van deze viswering zal nadelige gevolgen met zich meebrengen voor recreanten en een eventuele verandering van de waterhuishouding. Het wegvangen van vis gebeurt doorgaans met een zegen, een kuil, een elektro-visapparaat of een fuik. De duur van de hele operatie is afhankelijk van de grootte van het meer. De Breukeleveense plas, welke 180 hectare groot is, heeft een behandeling ondergaan welke in totaal zes weken duurde. Er van uit gaande dat het Oosterduinse Meer met dezelfde snelheid kan worden behandeld, zal de behandeling iets meer dan één week in beslag nemen. Omdat vooral aan de westoever veel locaties aanwezig zijn waar beschoeiing aanwezig is, wordt de totale duur afgerond naar twee weken. Op plaatsen met beschoeiing is vissen in de regel wat lastiger en duurt dit langer. (RIZA,1992) en (Emmerik et al, 2012)

4.4.2 Effectiviteit

In de handleiding Actief Biologisch Beheer staat vermeld, dat voor Nederlandse plassen wordt verwacht, dat Actief Biologisch Beheer succesvol zal zijn als een fosfaatgehalte van 0,10 mg/L of lager in het meer aanwezig is. In het Oosterduinse Meer is een gehalte aan fosfaat aanwezig van 1,37 mg/L. Dit ligt ruim boven deze advieswaarde. Ook wordt in de handleiding een richtlijn gegeven voor de diepte van de plas waarin de maatregel kan worden toegepast. Dit is één tot drie meter. Het Oosterduinse Meer heeft een gemiddelde diepte van zeven meter. Dit maakt het wegvangen, ondanks het feit dat de vissen minder snel in deze *anaerobe omstandigheden* zullen zwemmen, een stuk lastiger.

De maatregel richt zich op het opnieuw in balans brengen van de ecologie in het watersysteem, en daarmee specifiek op het terug laten komen van een natuurlijke bedekking van waterplanten en het aantal watervlooien. Door de grote diepte van het Oosterduinse Meer is het mogelijke natuurlijke oppervlakte, waarop waterplanten kunnen groeien, al te klein om de concurrentiestrijd met de blauwalgen te kunnen winnen. (Quak, 2013)

4.4.3 Draagvlak

Surfclub Como hecht veel waarde aan de natuur rondom het meer. Zij verwacht dat als bepaalde vissoorten worden weggevangen, verscheidende andere vogels en eenden ook zullen verdwijnen. Dhr. van Zijverden heeft van vissers enig gemopper vernomen vanwege het feit dat brasem in vele getalen aanwezig is in het meer. Het wegvangen van vissen zou dus een geschikte maatregel zijn om aan de wensen van de vissers te voldoen. Nadelig hiervan is dat de klachten nog erger worden als zij helemaal niks meer kunnen vangen. Gemeente Noordwijkerhout geeft verder aan de verbinding met de boezem graag te willen behouden. Dit vloeit voort uit het feit dat in de toekomst pleziervaart het meer op moet kunnen varen.

4.4.4 Duurzaamheid

Het wegvangen van vissen uit het systeem is als maatregel op zich niet duurzaam. Door het wegvangen van vissen zal er geen nieuwe balans ontstaan tussen flora en fauna. Door de relatief grote diepte, en dus een lage intensiteit op grotere diepte, hebben waterplanten in het Oosterduinse Meer nauwelijks kans zich te ontwikkelen. Als de vissen worden weggevangen blijft de diepte even groot. Verder zullen de vissen terugkeren als het meer niet wordt afgesloten van de boezem.

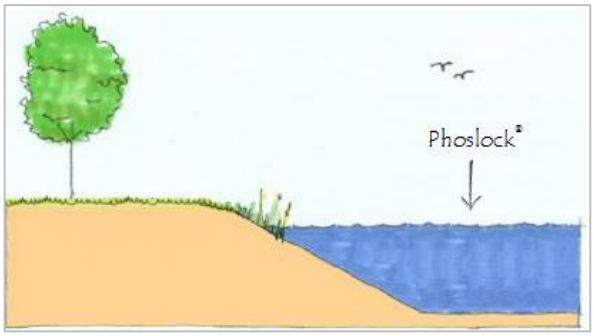
4.4.5 Economische haalbaarheid

Aan de hand van kosten welke genoemd zijn in de handleiding Actief Biologisch Beheer (RIZA, 1992), het Stowa-rapport ‘bestrijding blauwalgenoverlast’ (Stowa, 2012-b) en het rapport ‘kosten en baten van actief visstand beheer’(Witteveen & Bos, 2008) opgesteld door het Milieu en Natuur Planbureau, is in tabel 4-5 een schatting gemaakt voor de kosten van het wegvangen van vissen in het Oosterduinse Meer.

Tabel 4-5. Overzicht kosten vissen wegvangen

Aantal hectare	36		
Kosten per hectare	€ 3000,-		
Totale kosten wegvangen			€ 108.000,-
Plaatsen viswering			€ 5000,-
		Totaal	**€ 113.000,-**

4.5 Vlokmiddel verspreiden



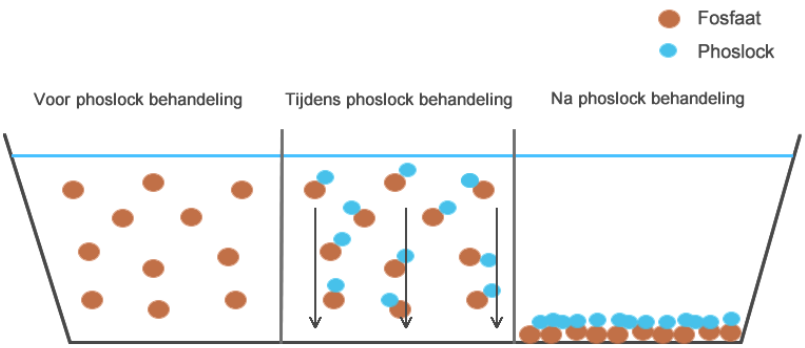
Figuur 4-10. Schets werking vlokkenmiddel

Een vlokmiddel is een middel dat zwevende deeltjes en opgeloste fosfaten aan zich bindt, en laat bezinken naar de bodem. Momenteel zijn er meerdere van deze vlokmiddelen op de markt verkrijgbaar met allemaal hun specifieke werking. Vlokmiddel is een innovatieve techniek om een fosfaatreductie in een waterlichaam te verkrijgen. Door deze onnatuurlijke fosfaatreductie werkt dit middel dus ook als een preventiemiddel tegen een *blauwalgenbloei*. Het middel zorgt niet alleen voor het neerslaan van de fosfaten en vaste deeltjes, maar vormt op de bodem van het systeem ook een barrière zodat er geen toevoer van fosfaten kan plaatsvinden.

Hieronder wordt de werking van Phoslock® behandeld als voorbeeld. Overige vlokmiddelen werken op een andere manier, maar het basisprincipe komt op het zelfde neer. Het lanthaan wat in de Phoslock® bentoniet kleikorrels aanwezig is, kan met fosfaat reageren tot lanthaanfosfaat. Hierdoor zullen de vrije fosfaten in het waterlichaam immobiel worden en blijven. Deze fixatie van fosfaat door lanthaan vindt plaats in een molaire verhouding van 1:1 en verloopt volgens de onderstaande reactievergelijking:

$$La^{3+} + PO_4^{3-} \rightarrow LaPO_4$$

Voor het toepassen van de Phoslock® korrels zal het eerst gemengd moeten worden met lokaal water. Vervolgens wordt deze opgeloste suspensie toegediend in het waterlichaam. Tijdens het bezinken van de kleideeltjes richting de bodem wordt het in de waterkolom aanwezige fosfaat vastgelegd door lanthaan. De Phoslock® deeltjes bezinken vervolgens samen met de fosfaatdeeltjes als één geheel naar de bodem. Op de bodem zullen deze deeltjes een dunne laag van enkele millimeters vormen. Zolang nog niet aan alle lanthaandeeltjes een fosfaatdeeltje is gekoppeld, worden de fosfaatdeeltjes, welke uit de bodem komen via nalevering dan wel kwel, vastgelegd door deze dunne laag Phoslock®. Dit proces is weergegeven in figuur 4-11. Na vastlegging van de fosfaatdeeltjes aan Phoslock®, zijn deze fosfaatdeeltjes niet langer meer beschikbaar voor de groei van blauwalgen. (Phoslock, 01)



Figuur 4-11, Vastlegging fosfaten door behandeling van het waterlichaam met Phoslock®

Een ander vlokmiddel is polyaluminiumchloride (PAC39). Het voordeel van dit vlokmiddel is het feit dat de aluminiumhydroxide vlokken die ontstaan, niet alleen de fosfaten, maar ook de blauwalgen zelf aan zich bindt. Nadelig is het feit dat de gevormde sliblaag de fosfaten niet fixeert, waardoor nalevering kan ontstaan. Uit praktijkonderzoeken is gebleken dat een combinatie van deze twee vlokmiddelen een zeer effectieve werking heeft op de blauwalgengroei. Door over de PAC39 een bufferlaag van Phoslock® toe te passen zullen de fosfaten worden gefixeerd. De overgebleven fosfaten, die nog in de waterkolom aanwezig zijn na het toedienen van een lading polyaluminiumchloride, worden door de toediening van Phoslock® ook verwijderd. (Stowa, 2012-b) (Lurling et. al, 2009)

4.5.1 Technische toepasbaarheid

Voordat daadwerkelijk aan de behandeling kan worden begonnen, zal eerst vooronderzoek uitgevoerd dienen te worden. Dit onderzoek zal, bij gebruik van bijvoorbeeld Phoslock®, door Phoslock Europe zelf uitgevoerd dienen te worden. Aan de hand van de onderzoeksresultaten zal vervolgens de meest geschikte behandelmethode worden gekozen. Met speciaal daarvoor gemaakte pontons (zie figuur 4-12) kan het vlokmiddel worden toegediend in het meer. Op een groot ponton is plaats voor tien zakken van één ton vlokmiddel. Per dag kan er ongeveer vijftig ton vlokmiddel worden gedoseerd. Het distributiecentrum voor de Phoslock® is gevestigd in Antwerpen. (Phoslock,03)

Na de toepassing van het vlokmiddel zal het waterlichaam regelmatig worden bemonsterd om te controleren of de behandeling daadwerkelijk het beoogde resultaat behaald.



Figuur 4-12 Ponton voor het verspreiden van de Phoslock® in een waterlichaam

4.5.2 Effectiviteit

Uit praktijkonderzoeken zoals in de Rauwbraken (Berkel-Enschot) en de Kuil (Prinsenbeek) is gebleken dat het toedienen van een vlokmiddelen een zeer effectieve manier is om blauwalgen te bestrijden. (Lurling et. al, 2009) (van Goethem, 2010)

Eén ton Phoslock® heeft de capaciteit om elf kilogram fosfor uit een systeem te verwijderen. (Phoslock, 01). In het Oosterduinse Meer is een overschot aan fosfor van 3416 kilogram. Om dit overschot terug te dringen, en de status van goede zwemwaterkwaliteit te bereiken, zal er 311

ton Phoslock® moeten worden toegediend in het meer. Tijdtechnisch houdt dit in dat een volledige toediening ongeveer zeven dagen in beslag zal nemen. Jaarlijks komt ongeveer 7360 kg fosfor het meer in. Dit betekent dat er jaarlijks twee weken behandeld dient te worden. Bij de eerste toepassing is dit drie weken. Omdat het lanthaan beschikbaar blijft voor nog niet in het water terecht gekomen fosfor deeltjes, zou in één keer kunnen worden behandeld.

De diepte van het Oosterduinse Meer zal geen problemen opleveren voor de werking van het vlokmiddel. De effectieve toepassing van Phoslock® en polyaluminiumchloride in het vergelijkbare Rauwbraken, met een gemiddelde diepte van 10 meter, is hier het bewijs van. (Lurling et. al, 2009)

4.5.3 Draagvlak

Het verspreiden van vlokmiddel wordt afgeraden zolang de zandsteenfabriek van Herwaarden eigenaar is van het meer. De betonietklei, waarin de lanthaanmetalen zijn verwerkt, zal het schone kalkzand onbruikbaar maken voor eventueel toekomstig gebruik Volgens dhr. Van Zijverden zal Van Herwaarden het uitvoeren van deze maatregel dan ook tegenhouden.
Mede door de toxiciteit raadt het Hoogheemraadschap van Rijnland het gebruik van Phoslock af. De toxiciteit van Phoslock® staat echter nog wel ter discussie. In de rapportage ‘The effect of Iron and Lanthanum modified Bentonite (Phoslock®) on macrofauna and ecosystems’ opgesteld door M.A. Pauwels blijkt dat Phoslock® en andere vlokmiddel enigszins giftig zijn voor de allerkleinste levensvormen in het water. (Pauwels, 2009)

4.5.4 Duurzaamheid

In het geval van het Oosterduinse Meer is sprake van een externe aanvoer van fosfaten. Het in de Phoslock® korrels aanwezige lanthaan kan zowel fosfaat vanuit een externe en interne aanvoer binden. De effecten hier van zijn niet eeuwig. De duurzaamheid van de maatregel neemt hierdoor aanzienlijk af. Totdat de toestroming van fosfaten is gestagneerd, zal de maatregel vaker moeten worden toegepast. (Phoslock, 02) Een behandeling zal na het verwijderen van het reeds aanwezige fosfor ongeveer twee keer per jaar moeten worden toegepast. Hierbij wordt uitgegaan van een verwijdering van 7360 kilogram fosfaat verspreid over 2 behandelingen.

4.5.5 Economische haalbaarheid

In het Stowa-rapport “Bestrijding Blauwalgenoverlast”, zijn de kosten per vierkante meter behandeling gegeven. Deze waarden zijn gebruikt om de kosten voor het toepassen van de maatregel in het Oosterduinse Meer te schatten. Tabel 4-6,op de volgende pagina, geeft een overzicht van de te verwachten kosten van de maatregel. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen enkel een toediening van phoslock® en polyaluminiumchloride, en een combinatie van die twee. (Stowa, 2012-b).

De kosten zijn gebaseerd op uitgevoerde behandelingen, en kunnen vanwege een verschil in de hoeveelheid van de dosering afwijken met de situatie in het Oosterduinse Meer. De behandeling zal in het eerste jaar drie keer worden gedaan. De jaren daarop zal twee keer moeten worden behandeld. Hierbij wordt uitgegaan van een verwijdering van ongeveer 3800 kilogram fosfaat tijdens één behandeling.

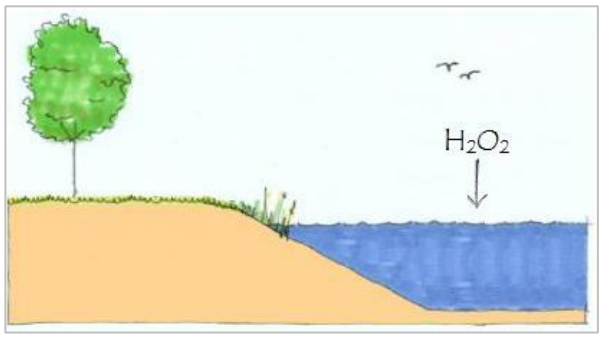
Tabel 4-6 Overzicht van de te verwachten kosten voor één behandeling.

Oppervlakte Oosterduinse Meer	360.000	m2	
Vlokmiddel	Kosten per m2		Totale kosten
Phoslock®	€	3.37	€ 1,213,200.00
Polyaluminiumchloride	€	0.76	€ 273,600.00
Phoslock® + Polyaluminiumchloride	€	4.13	€ 1,486,800.00

In het geval van het Oosterduinse Meer wordt een combinatie van Phoslock® en polyaluminiumchloride aangeraden. Dit vanwege de erg hoge fosfaataanvoer. Na alle waarschijnlijkheid zal om de drie jaar het meer behandeld moeten worden om een blijvend effect te behartigen.

4.6 Waterstofperoxide verspreiden

De Universiteit van Amsterdam (UvA) heeft in samenwerking met Arcadis in 2009 een nieuwe methode ontwikkeld om blauwalgen te bestrijden. De methode betreft het verspreiden van waterstofperoxide (H_2O_2) in een geïnfecteerd waterlichaam om de blauwalgen tegen te gaan. Deze maatregel richt zich direct op de blauwalgen en dus niet op de aanwezige voedingsstoffen of groeiomstandigheden.



Figuur 4-13. Situatie schets H_2O_2

Al uitgevoerde proefonderzoeken tonen aan, dat het toedienen van waterstofperoxide in een waterlichaam er voor kan zorgen dat de aanwezigheid van blauwalgen afneemt, en hierdoor de waterkwaliteit aanzienlijk verbeterd. Deze onderzoeken zijn uitgevoerd in: het Koetshuisplas in Groningen, het Borgerswold in Veendam, en de Veerplas in Spaarnwoude. Ook zijn onderzoeken gedaan in de stadsvijver Aldenhof in Born.

Binnen enkele uren na de toediening van de waterstofperoxide sterven de blauwalgen. Dit komt omdat waterstofperoxide een milde oxydator is welke het fotosyntheseproces van blauwalg verstoort. Daarnaast zorgt waterstofperoxide ook voor afbraak van de door blauwalg geproduceerde toxine microcystine. Andere organismen ondervinden, als gevolg van de zeer zwakke concentratie, geen schade van een behandeling met waterstofperoxide. Ook vissen overleven de behandeling met waterstofperoxide zonder problemen. Verder zal een behandeling met waterstofperoxide de ecologische kwaliteit van het waterlichaam niet verlagen, maar is juist aangetoond dat een dergelijke behandeling zorgt voor een minder troebel en schoner oppervlaktewater.

De concentratie waterstofperoxide die wordt toegepast is een verdunning van de algemeen verkrijgbare 3% oplossing. Deze oplossing wordt 15.000 keer verdund en via een speciaal daarvoor gebouwde boot op de juiste hoogte in de plas toegediend. (figuur 4-14) Na het toedienen zal het waterstofperoxide binnen enkele uren uiteenvallen in de ongevaarlijke stoffen water (H_2O) en zuurstofgas (O_2). Dit proces is weergegeven in onderstaande reactievergelijking.

$$2\,H_2O_2 \rightarrow 2\,H_2O + O_2$$

Bij de proef in de Koetshuisplas is na behandeling het aantal blauwalgcellen per milliliter van 600.000 in dertien dagen gedaald naar 7.000. Bij de Veerplas daalde het aantal cellen per milliliter van 1.400.000 in vijf dagen naar 6.000. In de stadsvijver in Born daalde het aantal cellen van 33.000 naar 600 in dertien dagen.

Het toedienen van waterstofperoxide is nog in de ontwikkelingsfase. Hoewel er nog veel vervolgonderzoek nodig is, kan geconcludeerd worden dat deze maatregel in bepaalde situaties zeer effectief is zonder verdere ecologische schade. De eerste resultaten zijn zeer belovend. Boventaande informatie is afkomstig uit het artikel ‘effectiviteit bestrijding blauwalgen met waterstofperoxide’ uit H2O 21 jaargang 2010 (H20,2010), en uit de presentatie van Petra Visser op de platformdag Blauwalgen georganiseerd door Stowa en de Engelstalige rapportage ‘Selective suppression of harmful cyanobacteria in an entire lake with hydrogen peroxide’.

4.6.1 Technische toepasbaarheid

Waterstofperoxide wordt toegediend door een speciaal daarvoor ontworpen, en ingericht, vaartuig. Een aantal dagen rond de behandeling met waterstofperoxide zal het meer niet gebruikt mogen worden. Dit zal een algeheel verbod zijn op het betreden van het meer, het vissen, surfen, etc.

4.6.2 Effectiviteit

Uit de eerder onderzoeken is gebleken dat de concentratie aan fosfaat in het meer geen rol speelt bij de behandeling, en deze ook niet verandert door de behandeling. Waterstofperoxide zorgt er namelijk voor dat de blauwalgen sterven. Het feit dat de fosfaataanvoer ongewijzigd blijft heeft dus geen negatieve effecten op de effectiviteit van de behandeling. Dhr. Matthijs, één van de onderzoekers, verwacht aan de hand van ervaring uit lopend onderzoek dat het resultaat bij waterlichamen zoals het Oosterduinse Meer positief zal zijn. Meer hierover is terug te lezen in bijlage B, waar een verslag van een telefonisch gesprek met hem is opgenomen.

Het feit dat de waterstofperoxide wordt toegepast op het moment dat de blauwalgen zich op een niet al te grote diepe bevinden, maakt de diepte van het meer minder relevant. De blauwalgen bevinden zich immers gedurende de dag op verschillende diepte binnen het epilinion. Gedurende de ochtend zijn de blauwalgcellen meer aan het oppervlak aanwezig dan de rest van de dag. Een behandeling in de ochtend wordt daarom aangeraden. De effectiviteit van de behandeling is dan het grootst. (Matthijs, 2013)

4.6.3 Draagvlak

Betrokken partijen zien het toedienen van waterstofperoxide als goede potentiële maatregel. Verder geven alle partijen aan dat schade aan de overige levensvormen, door een behandeling, zeer onwenselijk is. Verder wordt aangeraden om niet de naam waterstofperoxide te gebruiken om eventuele negatieve beeldvorming te voorkomen. Door het feit dat ook bij deze maatregel de verbinding met de boezem zal moeten worden gesaneerd is de gemeente er minder blij mee. De gemeente ziet overigens liever dat de blauwalg problemen voorbij zijn, dan dat de verbinding in stand wordt gehouden. Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft nog enkele vragen omtrent de werking van de maatregel.

4.6.4 Duurzaamheid

Het toedienen van waterstofperoxide in de recreatieplas doodt de blauwalgen in het watersysteem. Tevens zorgt het er voor dat de *toxines* onschadelijk worden. Uit onderzoek is echter gebleken dat de blauwalgen, met de mogelijke drijflagen, na een aantal weken toch weer terug kunnen keren. Als in het begin van mei een behandeling met waterstofperoxide wordt uitgevoerd, zullen drijflagen zich onder de optimale omstandigheden begin augustus weer kunnen vormen. Dit houdt in dat een tweede behandeling nodig is om een recreatieplas het hele zomerseizoen onder de norm (300.000 cellen/ml) van veilig zwemwater te houden. Verder heeft de maatregel alleen effect in het seizoen waarin het wordt toegepast. Om het meer blauwalgvrij te houden zal de behandeling jaarlijks moeten worden herhaald.



Figuur 4-14, Deze speciaal ontworpen boot brengt extreem lage concentraties waterstofperoxide aan op de goede hoogte in het waterlichaam.

4.6.5 Economische haalbaarheid

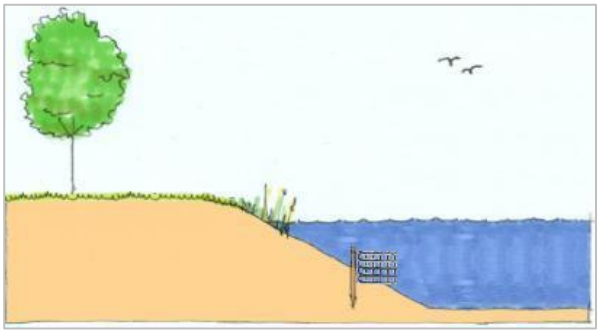
In onderstaande tabel 4-7 is een overzicht gegeven van de te verwachten kosten voor het toepassen van waterstofperoxide.

Tabel 4-7. Overzicht kosten vissen wegvangen

Aantal hectare	36
Aantal behandelingen per jaar	2
Kosten per hectare	€ 1000,-
Totale kosten per behandeling	€ 36.000,-
Totale kosten per jaar	€ 72.000,-

4.7 Muur van mosselkratten

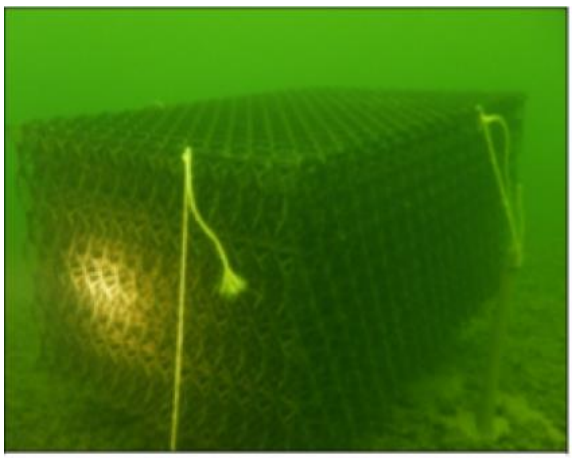
De zevende mogelijke maatregel tot het verbeteren van de waterkwaliteit is het uitzetten van kratten met daarop gevestigd driehoeksmosselen. Deze mosselsoort kan positief bijdragen aan de terugdringing van blauwalgen, aangezien deze mosselen blauwalgen als voedselbron hebben. Bureau Waardenburg kweekt de mosselen op de kratten, en voert momenteel verdere onderzoeken uit naar de werking.



Figuur 4-15. Situatie schets mosselkratten

De driehoeksmossel is al sinds 1826 aanwezig in de Nederlandse wateren en is een krachtige 'filter-feeder'. Dit houdt in dat ze zowel een direct als een indirect effect hebben op blauwalgen. Een direct effect in de vorm van blauwalg consumptie, en een indirect effect door er voor te zorgen dat het waterlichaam helderder wordt. Hierdoor krijgen waterplaten een grotere kans om te groeien en zal het systeem stabieler en zuurstofrijker worden.

De mosselen worden door Bureau Waardenburg aan speciaal hiervoor geproduceerde kratten gekweekt. (zie figuur 4-16). Deze kratten worden vervolgens geplaatst op de bodem van het waterlichaam welke last heeft van blauwalgen. De mosselen, welke aan de kratten gevestigd zijn, hebben dan de mogelijkheid om het doorstromende water te filteren, en op deze manier de blauwalgen te consumeren. Doordat de driehoeksmosselen dit het gehele jaar door doen wordt het voor de blauwalgen eigenlijk onmogelijk gemaakt om tot bloei te komen. De blauwalgen worden door de mosselen dus in toom gehouden. Als rekenregel wordt gesteld dat een enkele mossel per uur 75 milliliter water kan reinigen. (mosselkratten, 01) (sportvisserij, 01)



Figuur 4-16, Deze speciaal ontworpen kratten, met daaraan de driehoeksmosselen, zorgen voor een optimale filtratie van het water.

4.7.1 Technische toepasbaarheid

Bij de toepassing van mosselkratten worden deze op de bodem van het meer bevestigd. De voorkeur gaat uit naar een locatie op het *talud*, met een diepte van ongeveer drie á vier meter. In het geval van het Oosterduinse Meer is dit de overgang van het ondiepere naar het diepere gedeelten De keuze voor deze locaties heeft als hoofddrager, de daar waarschijnlijk aanwezige stroming. Hierdoor is het filterende vermogen van de kratten optimaal. (Lengkeek, 2013)

4.7.2 Effectiviteit

Uit onderzoek in de linievijver in Breda is gebleken dat de maatregel bijdraagt aan een beter doorzicht van het water. Dit houdt in dat de mosselen de blauwalg consumeren, en hierdoor een bloei voorkomen. De maatregel is hiermee gericht op het terugdringen van de in het meer

aanwezige blauwalgen, en niet op het terugdringen van de fosfaatbelasting. (Lengkeek, 2013) De mogelijke invloed van de maatregel op het Oosterduinse Meer is momenteel niet duidelijk aan te geven. Naast de filterende werking zijn effecten op de overige natuurwaarden nog niet voldoende onderzocht voor een toepassing op deze schaal. Verder is er een mogelijkheid dat de mosselen zich kunnen verspreiden over het meer, en op de recreatiestanden terecht kunnen komen. Deze zullen periodiek moeten worden verwijderd, om te voorkomen dat mensen zich aan de schelpen snijden. Met de huidige toepassingsmogelijkheid, en de mogelijke onvoorziene neveneffecten, wordt aangeraden de maatregel nu alleen toe te passen in kleine, geïsoleerde, waterlichamen zoals vijvers.

4.7.3 Draagvlak

Betrokken partijen reageren verschillend over het plaatsen van een muur van mosselkratten. Gelet moet worden op mensen die buiten de officiële zwemlocaties zwemmen eventueel schade zouden kunnen aanbrengen aan de mosselkratten. Ook kunnen de mosselen op het strand terecht komen waardoor mensen zich zouden kunnen snijden aan de mosselen. Goed overleg met de beheerder is hierdoor nodig aangezien de maatregel niet de insteek heeft om waterlichamen met een natuurdoel of recreatiedoel van blauwalg te ontdoen. Het feit dat de maatregel zelfonderhoudend is, en hierdoor als duurzaam wordt aangeduid, vindt bij alle partijen een zeer positief punt. Het Hoogheemraadschap is erg benieuwd naar de maatregel.

4.7.4 Duurzaamheid

De mosselkratten worden geplaatst waarna ze permanent in het waterlichaam aanwezig zullen zijn. Onder de juiste omstandigheden zullen de mosselen zichzelf voortplanten en hiermee voor continuïteit zorgen. (Lengkeek, 2013)

4.7.5 Economische haalbaarheid

In overleg met Wouter Lengkeek van Bureau Waardenburg zijn de kosten, zoals weergegeven in tabel 4-8, opgesteld.

Tabel 4-8. Overzicht kosten vissen wegvangen

Totale kosten uitvoering	€ 200.000,-

4.8 Opblaasbare lijn

Om de diepe delen van het meer af te bakenen voor de zwemrecreanten, zijn er een aantal ballenlijnen in het water gespannen. Het vervangen van deze huidige ballenlijn met een opblaasbare lijn heeft als insteek om de vormende drijflagen van het zwemstrand weg te houden. Doordat in de zwemlocaties geen drijflagen aanwezig meer zijn, zouden recreanten geen hinder kunnen ondervinden van de *toxines*.

Op voorhand is gekozen om deze maatregel niet mee te nemen in de MCA en daarmee ook niet verder uit te werken in deze paragraaf. Dit vanwege de volgende redenen.

- Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven vind de drijflaagvorming niet in zijn geheel plaats aan het oppervlak van het meer, maar voornamelijk enkele centimeters onder het wateroppervlak. Afhankelijk van hoe diep de opblaasbare lijn is, zouden de drijflagen onder de lijn door kunnen drijven en alsnog terecht kunnen komen in de zwemzone.
- Bij de afbraak van de drijflagen kunnen de *toxines* vrij in het water komen. Hierdoor kunnen deze zich nog vrij in het water bewegen en hierdoor in het zwemwater gedeelte komen.
- De maatregel zelf verandert niks aan de standplaatscondities voor de blauwalg. Hierdoor kan binnen de zwemwaterlocatie ook een *drijflaag* vormen.
- Naast de veiligheid moet het meer er ook uitnodigend uit zien om in te zwemmen. Als aan de andere zijde van de lijn een ‘groene soep’ drijft zal dit niet het geval zijn.
- Zwemmers zullen naar de lijnen toe zwemmen er hier op klimmen. Hierdoor zal de lijn dieper het water in kunnen zakken en op deze manier de blauwalgen de mogelijkheid geven alsnog in het gebied te komen.

Hiermee kan geconcludeerd worden dat deze maatregel er niet voor zorgt dat het gehalte aan *toxines* in het water afneemt. Ook zullen de drijflagen niet verdwijnen. Het water voor de lijn en achter de lijn zullen met elkaar in verbinding blijven waardoor er nog steeds uitwisseling plaats zal vinden.

Omdat door deze punten op voorhand duidelijk was geworden dat de maatregel niet zal werken is de effectiviteit, toepasbaarheid, duurzaamheid en economische haalbaarheid van de maatregel niet verder uitgewerkt.

5 Multi criteria-analyse

Om de acht uitgewerkte maatregelen op een rationele en gelijke manier met elkaar te vergelijken, is gekozen voor het gebruik van een *multi-criteria analyse*. Deze analyse bestaat uit drie tabellen waarin stapsgewijs verschillende waarden en eenheden met elkaar worden vergeleken. Het resultaat uit de MCA is, per maatregel, een score tussen de één en de tien. Deze score geeft de mate waarin de maatregel toepasbaar is op het Oosterduinse Meer weer. Hierbij geldt: 'hoe hoger hoe beter'.

5.1 De vier criteria

In de MCA worden de maatregelen beoordeeld op vier verschillende criteria. Te weten: effectiviteit, duurzaamheid, draagvlak, en economische haalbaarheid. Voor de volledigheid zijn deze criteria hieronder nogmaals toegelicht en is een beschrijving gegeven over de gebruikte punten toekenning.

- *Effectiviteit.* Voor de waardering van het criterium is alleen gekeken naar het effect op de blauwalgen. Hierbij geldt dat een maatregel hoog scoort als de blauwalgen verdwijnen of geen *toxines* en drijflagen meer kunnen creëren. Vanwege het feit dat een maatregel zowel specifiek op de blauwalgen gericht kan zijn, als indirecte op de fosfaathuishouding, is er bij deze criteria een subcriteria toegevoegd. Deze subcriteria '*effect op fosfaathuishouding'* is alleen opgenomen om dit positieve effect duidelijk weer te geven, en draagt niet bij aan de uiteindelijke scores van de maatregelen. In de tabellen is dit criterium met een grijstint aangegeven.
- *Duurzaamheid.* Onder duurzaam wordt verstaan in hoeverre het watersysteem zichzelf de komende 10 jaar in stand kan houden als de maatregel eenmalig wordt toegepast. Als het watersysteem geholpen dient te worden om deze (stabiele) toestand te behouden, zal de maatregel punten verliezen.
- *Draagvlak.* De score zal gebaseerd zijn op de belangen die de betrokkenen hebben in het gebied, en hoe deze beïnvloed worden door de maatregel. Maatregelen welke deze belangen zullen behartigen zullen een hoge score krijgen. Maatregelen welke de belangen te niet zullen doen, scoren laag. De waarderingen worden gebaseerd op de uitgevoerde interviews.
- *Economische haalbaarheid.* Voor elke maatregel zijn de kosten opgemaakt voor de aanleg, en het onderhoud van tien jaar. Deze zijn onderling vergeleken en gewaardeerd.

5.2 Multi criteria-analyse

Zoals gezegd bestaat de MCA uit drie opvolgende tabellen. In onderstaande tabel, de zogeheten effectentabel, zijn de resultaten uit hoofdstuk vier vertaald naar waarderingen. Voor elke maatregel is per criterium een waardering gegeven. Voor effectiviteit, duurzaamheid en draagvlak wordt gebruik gemaakt van de eenheden - en +. Een uitstekende score wordt weergegeven met '++', een goede score met '+",voldoende '-/+', matig '-', en een slechte score met "--". Voor het criterium 'economische haalbaarheid' is het totaalbedrag van de aanlegkosten en de onderhoudskosten voor tien jaar weergegeven in Euro's (€). Een overzicht van de berekeningen van deze kosten is als bijlage D toegevoegd.

Tabel 5-1. Effectentabel blauwalg maatregelen voor het Oosterduinse Meer.

	Effectiviteit	Fosfaathuishouding	Duurzaamheid	Draagvlak	Economische haalbaarheid
Eenheid	--/++	(--/++)	--/++	--/++	€
Aanleggen natuurvriendelijke oevers	--	(--)	+	-/+	€ 220.000
Verondiepen van de recreatieplas	--	(-)	++	--	€ 1.470.000
Traditionele luchtmenginstallatie	++	(-)	--	+	€ 1.000.000
Aanbrengen airlift	++	(-)	--	-	€ 320.000
Vissen wegvangen	--	(--)	-/+	-	€ 280.000
Waterstofperoxide verspreiden	++	(--)	--	+	€ 540.000
Vlokkenmiddel verspreiden	+	(+)	--	--	€ 14.868.000
Muur van mosselkratten	-	(--)	+	-/+	€ 200.000

De tweede tabel in de MCA is de standaardisatie tabel. Hierin zijn de waarderingen, zoals die zijn weergegeven in de bovenstaande effectentabel, gestandaardiseerd. Dit is gedaan om het verschil in eenheid tussen de waarderingen onderling te kunnen vergelijken. Voor de gestandaardiseerde waarde is gekozen voor een score tussen de nul en de tien. In de onderstaande tabel zijn de richtlijnen voor deze standaardisatie gegeven.

Tabel 5-2, standaardisatie van de kosten en waardering naar een score

Kosten	Waarde	Score
< € 99.999	++	10
€ 100.000 tot € 350.001		8
€ 350.000 tot € 600.001	+	7
€ 600.000 tot € 850.001		6
€ 850.000 tot € 1.100.001	-/+	5
€ 1.100.000 tot € 1.350.001		4
€ 1.350.000 tot € 1.600.001	-	3
€ 1.600.000 tot € 1.850.001		2
> € 1.850.000	--	0

De gestandaardiseerde effectentabel komt er hierdoor als volgt uit te zien:

Tabel 5-3. Standardisatietabel multi-criteria analyse

	Effectiviteit	Fosfaathuishouding	Duurzaamheid	Draagvlak	Economische haalbaarheid
Aanleggen natuurvriendelijke oevers	0	(0)	7	5	8
Verondiepen van de recreatieplas	0	(3)	10	0	3
Aanbrengen traditionele luchtmenginstallatie	10	(3)	0	7	5
Aanbrengen airlift	10	(3)	0	3	8
Vissen wegvangen	0	(0)	5	3	8
Waterstofperoxide verspreiden	10	(0)	0	7	7
Vlokkenmiddel verspreiden	7	(7)	0	0	0
Muur van mosselkratten	3	(0)	7	5	8

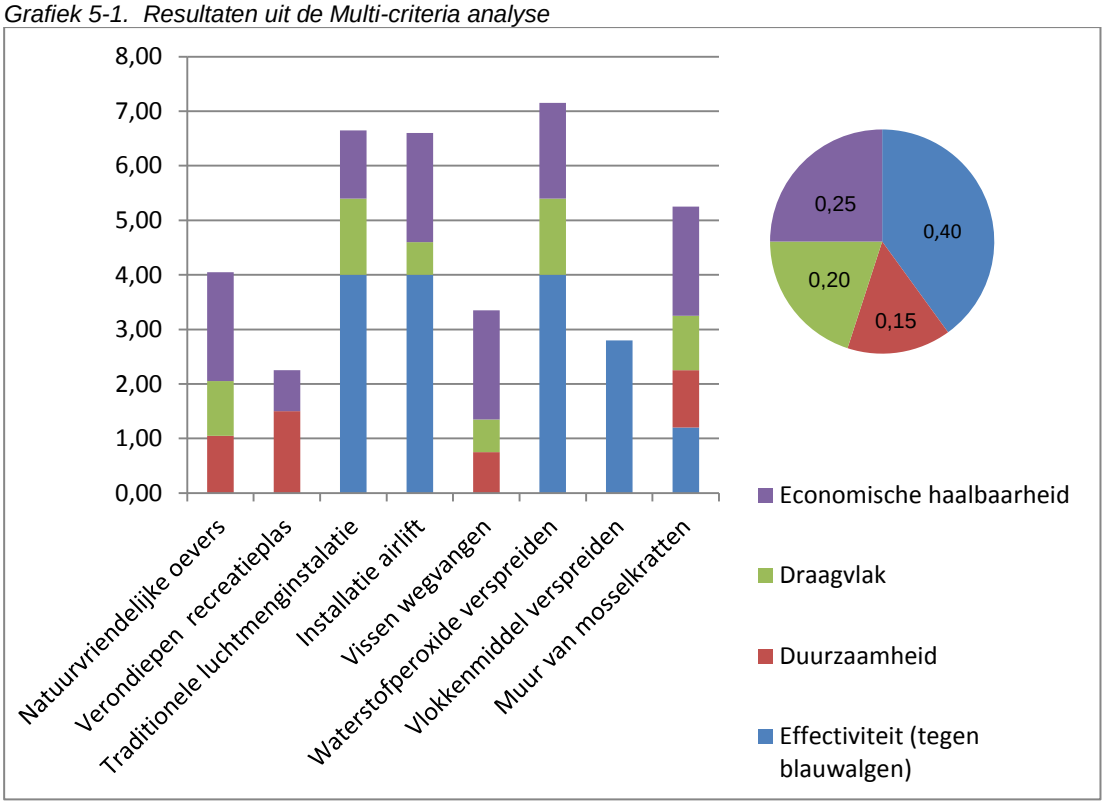
De laatste van de drie tabellen is de daadwerkelijke analyse. Door de waarden uit de voorgaande tabel te vermenigvuldigen met een wegingsfactor, is de mate van invloed van een bepaald criterium vastgesteld. Gekozen is voor een dominante rol van het criterium ‘effectiviteit’. De precieze afstemming tussen de percentages is gedaan in overleg met de opdrachtgever. Er is gekozen voor een weging van veertig procent van het eindcijfer. Dit is gedaan omdat dit criterium eigenlijk een randvoorwaarde is voor een maatregel. Zonder het tegengaan van de blauwalgen hebben de criteria geen meerwaarde. Vervolgens zijn de punten over de overige drie criteria verdeeld. Hierin is nog wel een nuance verschil aangebracht om het verschil in de waardering aan te geven. Economische haalbaarheid heeft een weging van vijfentwintig procent, draagvak twintig procent, en duurzaamheid vijftien procent.

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel 5-4, en visueel weergegeven in grafiek 5-1.

Tabel 5-4. Multi-criteria analyse

	Effectiviteit	Duurzaamheid	Draagvlak	Economische haalbaarheid	Resultaat
weging	0,40	0,15	0,20	0,25	
Aanleggen natuurvriendelijke oevers	0,00	1,05	1,00	2,00	4,05
Verondiepen van de recreatieplas	0,00	1,50	0,00	0,75	2,25
Aanbrengen traditionele luchtmenginstallatie	4,00	0,00	1,40	1,25	6,65
Aanbrengen airlift	4,00	0,00	0,60	2,00	6,60
Vissen wegvangen	0.00	0,75	0,60	2,00	3,35
Waterstofperoxide verspreiden	4,00	0,00	1,40	1,75	7,15
Vlokkenmiddel verspreiden	2,80	0,00	0,00	0,00	2,80
Muur van mosselkratten	1,20	1,05	1,00	2,00	5,25

Grafiek 5-1. Resultaten uit de Multi-criteria analyse



5.3 Resultaten en mogelijke combinaties

Uit de resultaten van de MCA kan geconcludeerd worden dat er geen maatregel is die een optimale combinatie geeft van de vier criteria. Als beste maatregel komt het verspreiden van waterstofperoxide naar voren. Ondanks het feit dat de maatregel geen punten krijgt voor het criterium duurzaamheid, is er voldoende samenhang tussen effectiviteit, draagvlak en de totale kosten om de hoogste score te behalen (7+) .

De beide luchtmenginstallaties komen met een voldoende (6+) goed uit de analyse. De airlift scoort iets lager dan de traditionele luchtmengtechniek, maar dit is te verklaren doordat deze minder draagvlak heeft bij de beheerders en gebruikers.

Het creëren van een muur met mosselkratten valt met een 5.25 tussen de goede en de slechte resultaten in. Dit komt voornamelijk door het feit dat deze maar 1.2 punten toegekend krijgt voor effectiviteit, en één punt voor draagvlak ontvangt.

Zowel de aanleg van natuurvriendelijke oevers, het verondiepen van de recreatieplas, als het wegvangen van vissen behalen een zeer slechte score in de MCA. Dit is ook logisch aangezien deze geen punten krijgen voor het criterium effectiviteit. Deze maatregelen vallen hiermee af als mogelijke maatregel tegen blauwalgen in het Oosterduinse Meer. Ook het verspreiden van vlokmiddel komt met een 2,80 als zeer slecht uit de analyse. Dit komt voornamelijk door de exorbitant hoge kosten die de maatregel met zich mee brengt, en valt dus ook af.

Uit de MCA komt ook naar voren dat een combinatie van twee maatregelen niet zal zorgen voor een positiever effect dan behaald wordt met de goed scorende enkele maatregel. Dit komt doordat maatregelen welke in combinatie mogelijk zijn, zoals bijvoorbeeld het aanleggen van natuurvriendelijke oevers en verondiepen van de recreatieplas, zeer slecht scoren.

5.4 Gevoeligheidsanalyse

De waarden van de wegingsfactoren in de MCA zijn aan persoonlijke voorkeuren onderhevig. Betrokkenen en belanghebbenden kunnen meer waarde hechten aan een criterium welke in dit onderzoek een lage wegingsfactor heeft. Daarnaast zou men de vertaling van de score naar een cijfer anders kunnen doen. Het aanpassen van deze doorvertaling heeft echter geen zin omdat dit onderlinge verhoudingen zijn. Dit zal geen andere resultaten opleveren. In bijlage E zijn een tweetal grafieken opgenomen waarin de waarde van de wegingsfactoren is aangepast. In de eerste grafiek wordt de nadruk gelegd op effectiviteit door deze een wegingsfactor van 0,7 te geven. In de tweede grafiek krijgen alle criteria een gelijke wegingsfactor van 0,25. Met behulp van deze gevoeligheidsanalyse is aangetoond dat het verspreiden van waterstofperoxide altijd als beste uit de analyse komt. Het installeren van een luchtmenginstallatie en het aanbrengen van een airlift worden door het aanbrengen van een muur van mosselkratten pas van de tweede plek gestoten bij een gelijke waardering van de criteria met 0,25. De reden dat de muur van mosselkratten in deze variant hoog scoort is omdat deze maatregel als enige een score heeft bij alle vier de criteria.

5.5 Discussie

Een belangrijk punt, binnen de waardering van de MCA, waarover gediscussieerd kan worden, is de verdeling van punten voor effectiviteit. Het verspreiden van waterstofperoxide en het aanleggen van een muur van mosselkratten zijn beide tot op heden nog niet toegepast in een situatie zoals het Oosterduinse Meer, maar toch krijgen de maatregelen een verschillende score. Bij het verspreiden van waterstofperoxide is de hoge score gebaseerd op mail-correspondentie en een telefonisch interview met dhr Matthijs, één van de onderzoekers van de maatregel. In overleg met hem is besloten een hoge score te geven wat betreft effectiviteit. De voornaamste reden hiervoor is het feit dat de blauwalgen niet afhankelijk zijn van de diepte van het meer, en hierdoor een behandeling met waterstofperoxide niet veel verschilt met die van een ondiepe plas.

Bij het plaatsen van een muur van mosselkratten zijn de resultaten van de tot nog toe uitgevoerde experimenten zeer positief, toch is er voor gekozen een lage score voor effectiviteit te geven. In dit geval is gesproken met dhr. Lengkeek, een van de ontwikkelaars van de maatregel. Dhr. Lengkeek heeft aangegeven dat de maatregel tot op heden alleen is toegepast in kleine afgesloten systemen zoals een vijver en niet in grote en diepe waterlichamen zoals het Oosterduinse Meer. Het Oosterduinse Meer komt, omdat de maatregel ook in kleinere watersystemen nog in onderzoeksfase is, helaas momenteel nog niet in aanmerking als eventuele proeflocatie. Om deze reden is, ondanks de goede resultaten, een slechte score voor effectiviteit gegeven. Mocht deze maatregel in de toekomst, in vergelijkbare watersystemen, meer positieve resultaten geven, dan zou voor een heroverweging gekozen kunnen worden. In bijlage F zijn de resultaten weergegeven van de MCA als effectiviteit een hoge score krijgt.

In het geval dat de zandsteenfabriek van Herwaarden de ontwikkelingen van natuur en recreatie niet tegenhoudt, zullen bepaalde maatregelen hoger scoren op draagvlak. Het betreft hier het verondiepen van de recreatieplas en het verspreiden van vlokmiddel. De scores gaan hierdoor maar met enkele tienden van punten omhoog. Deze MCA variant is ook opgenomen in bijlage F.

6 Beheer- en herstelmaatregelen

Zoals uit de MCA in voorgaand hoofdstuk is gebleken, scoren drie maatregelen een voldoende of hoger. Dit zijn het aanleggen van een traditionele luchtmenginstallatie (6+), het installeren van airlifts (6+) en het verspreiden van waterstofperoxide (7+). Met deze voldoende/goede score kan aangenomen worden dat alle drie de maatregelen de potentie hebben om het blauwalgprobleem in het Oosterduinse Meer op te lossen, en daarmee de zwemwaterkwaliteit te waarborgen. Nota bene, het fosfaatprobleem wordt hiermee niet opgelost. In dit hoofdstuk is een beschrijving gegeven van het effect dat de maatregelen hebben op het Oosterduinse Meer als recreatiegebied. Hierbij is de door BWZ ingenieurs opgestelde visie als uitgangssituatie genomen. Vanwege het feit dat geen van de genoemde maatregelen als duurzaam getypeerd kan worden, is in dit hoofdstuk ook een voorstel gedaan voor een duurzame oplossing van de problematiek. Dit is als het ware een herstelmogelijkheid van het (grondwater-) systeem.

6.1 Beheermaatregelen

Er is gekozen om niet alleen de beste variant uit te werken, maar ook de beide luchtmenginstallaties. De reden hiervoor is het minimale scoreverschil tussen deze drie maatregelen. En het feit dat de waterstofperoxide methode nog in de onderzoeksfase zit.

6.1.1 Waterstofperoxide

Het verspreiden van waterstofperoxide scoort in de MCA het hoogst. De resultaten uit de MCA geven aan dat het jaarlijks toepassen van de maatregel goedkoper is dan het aanleggen van een traditionele luchtmenginstallatie. Verder is er bij de betrokken partijen meer draagvlak voor waterstofperoxide, dan voor het installeren van enkele airlifts in het meer. Dit heeft te maken met het visuele aspect die de airlifts met zich mee brengen.

Zoals in paragraaf 4.6 is beschreven, zijn de effecten van waterstofperoxide maar gelimiteerd tot één groeiseizoen. Het is dus bij uitstek een zeer tijdelijke beheersmaatregel. Als besloten wordt om deze maatregel in het Oosterduinse Meer toe te passen zullen er afspraken gemaakt moeten worden met de Universiteit van Amsterdam over te toepassing. Zij hebben de methode ontwikkeld en al op verscheidene locaties toegepast. In een telefonisch interview met dhr. H. Matthijs, docent aquatische microbiologie, gaf hij aan dat het projectteam op zoek is naar proeflocaties waar deze methode in de toekomst eventueel toegepast kan worden. Dit om meer resultaten te krijgen over het effect van de maatregel in verschillende soorten waterlichamen. (Matthijs, 2013-b)

Het uitvoeren van de maatregel zal geen negatieve effecten hebben wat betreft de geldende visie. De maatregel heeft namelijk geen effect op de beleving van het recreatiegebied. Op grond van de beschikbare informatie zijn er wel een aantal zaken waar op gelet dient te worden bij het toepassen van deze beheersmaatregel:

- De UvA zal vooraf een eigen onderzoek starten naar de potenties van de maatregel in het Oosterduinse Meer. De resultaten uit dit onderzoek zullen vervolgens gebruikt worden om: de precieze periode te bepalen, met welke hoeveelheden gewerkt dient te worden, en op welke diepte de maatregel toegepast kan worden.
- Uit praktijktesten zal moeten blijken of een enkele behandeling voldoende uitstel geeft van de *blauwalgenbloei* om het zwemseizoen door te komen.

- Voor een behandeling dient rekening gehouden te worden met een tijdsduur van drie dagen per behandeling. In deze periode zal er geen gebruik gemaakt kunnen worden van de recreatieve mogelijkheden van het water.
- De communicatie richting de recreant is van groot belang. De naam waterstofperoxide roept namelijk direct negatieve gedachten op, en door de behandeling moet het Oosterduinse Meer juist een positieve impuls krijgen. Mogelijk kan er gewerkt worden om een werknaam deze negatieve gedachte tegen te gaan.
- Door een goede communicatie omtrent de werkzaamheden richting de recreant, kan de behandeling zorgen voor extra bezoekers naar het meer. Met de juiste communicatie, wordt er een signaal afgegeven dat er juist in het recreatiemeer word geïnvesteerd, en de behandeling kan 'leuk & informatief' zijn en zorgen voor veel bekijks.
- Verder zal uitgezocht moeten worden of er kosten bespaard kunnen worden door een boot, welke de mogelijkheden heeft waterstofperoxide toe te dienen in het meer, op locatie te kunnen stallen. Mogelijk geeft dit een besparing in transportkosten. Een soortgelijke boot is afgebeeld op figuur 4-14 in paragraaf 6.4.6.

De bovengenoemde beheersmaatregelen zijn bedoeld om een beeld te vormen van de omvang van de ingrepen. Specifieke informatie en duidelijke beheersmaatregelen kunnen pas worden gegeven als er uitgebreid vooronderzoek is gedaan. Arcadis en de Universiteit van Amsterdam hebben in verschillende publicaties aangegeven op zoek te zijn naar unieke locaties om met de maatregel te experimenteren. Het Oosterduinse Meer is, vanwege zijn hoge fosfaataanvoer en een relatief grote diepte een geschikt waterlichaam om met de maatregel te experimenteren.

6.1.2 Traditionele luchtmenginstallaties

Het aanleggen van een traditionele luchtmenginstallatie komt als een na beste maatregel uit de MCA. Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft goede ervaring met deze maatregel, en gaat hierdoor uit van een honderd procent effectieve werking tegen de blauwalgen. De maatregel past tevens binnen de door BWZ Ingenieurs opgestelde visie, en staat andere ideeën niet in de weg.

Een traditionele luchtmenginstallatie bestaat uit twee delen. Het onderwatersysteem en de compressoren. Het onderwatersysteem bestaat uit een blinde buis van maximaal tien centimeter in doorsnee, en geperforeerde beluchtingsbuizen welke de gecompresseerde lucht onderin het waterlichaam verdelen en afgeven. Deze buizen liggen op de bodem van het meer, bij voorkeur in de diepste delen, en zullen voor de recreanten niet zichtbaar zijn. De precieze ligging van de leidingen zal, vanwege benodigde vakkennis, door een extern bureau moeten worden bepaald. Voor de beeldvorming wordt voorlopig uitgegaan van drie beluchtingsbuizen in het Oosterduinse Meer. Deze worden over de breedte gelijkmatig verdeeld.

De compressoren zijn gevestigd in een gebouw met een maximale oppervlak van vijfentwintig vierkante meter. De locatie moet zo worden gekozen dat een er elektriciteitsaansluiting in de buurt aanwezig is, en dat deze zo min mogelijk het beeld van het meer verstoord. Verder zal er voor moeten worden gezorgd dat de recreant geen hinder ondervind van geluidsoverlast als gevolg van de compressoren. Een goede isolatie van het gebouw is dus zeker van belang.

In figuur 6-1 op de volgende pagina is de te verwachten situatie van het Oosterduinse Meer na het aanleggen van de traditionele luchtmenginstallatie gevisualiseerd. Hierin zijn specifiek de ligging van de beluchtingsbuizen en de locatie van de compressor opgenomen.

Nogmaals wordt benadrukt dat dit een schets is welke bedoeld is voor de beeldvorming van de maatregel. Indien daadwerkelijk wordt besloten om deze maatregel toe te passen, dient door een extern bureau een definitief plan te worden opgesteld met de daadwerkelijke ligging van het systeem.



Figuur 6-1, Visualisatie van het Oosterduinse meer na aanleg van een traditionele luchtmenginstallatie

6.1.3 Luchtmenginstallatie Airlift

De aanleg van de Airlifts komt als derde, en laatste met een voldoende, uit de MCA. De resultaten liggen zeer dicht bij die van de traditionele installaties. Beide manieren van lucht mengen worden gezien als potentiële maatregel vanwege de bewezen effectiviteit tegen *drijflaag* vorming. Met het oog op de opgestelde visie kan worden geconcludeerd dat airlifts toch niet wenselijk zijn. De aantrekkingskracht van de bollenvelden, de huidige zichtlijnen, en de rust die het gebied uitstraalt kan door de aanleg ven de vier airlifts worden verstoord. Hiernaast weergegevens figuur 6-2 is een voorbeeld van een airlift.



Figuur 6-2, Voorbeeld airlift.

6.2 Herstelmaatregelen

Zoals eerder beschreven, richten de bovengenoemde maatregelen zich op de symptomen van het probleem en draagt geen enkele goed scorende maatregel bij aan een duurzame oplossing. Geconcludeerd kan dus worden dat een duurzame symptoombestrijding, in het geval van het Oosterduinse Meer, niet effectief is. Een combinatie van effectiviteit en duurzaamheid kan daarom toch het best worden gezocht in een aanpak van de bron. Het Hoogheemraadschap van Rijnland voert momenteel gesprekken binnen de bollensector om te kijken of de fosfaataanvoer kan worden verminderd.

Hierin is het zaak het (grondwater)systeem te herstellen naar de situatie zoals deze vroeger was. Dit betekent in het geval van het Oosterduinse Meer dat de aanvoer van fosfaten moet worden tegengegaan.

6.2.1 Aangepaste drainage bollenteelt

Tijdens het onderzoek naar de verschillende methodes is een andere bronaanpak aan het licht gekomen welke eventueel toegepast zou kunnen worden als duurzame bronaanpak. Op lange termijn zou deze maatregel de fosfatentoevoer, en daarmee het blauwalgen probleem, kunnen verhelpen.

Het betreft het gebruik van speciaal ontworpen drainagebuizen in de bollenvelden. Door gebruik te maken deze speciale drains kan de fosfaataanvoer aanzienlijk worden verminderd. De omhulling van deze drains bestaat uit ijzerhoudend zand, welke een restproduct is van het reinigingsproces van drinkwater. Het om de zandkorrel aanwezige ijzerhydroxide heeft een hoge fosfaatbindingscapaciteit, en zorgt voor de vastlegging van de fosfaten. Onderzoeksinstituut Alterra heeft in 2011 experimenten met deze maatregel uitgevoerd



Figuur 6-3, Voorbeeld van een drainagebuis in ijzerhoudend zand.

in het bloembollengebied. Gebleken is dat het zuiveringsrendement van de omhulde drains 94 procent bedraagt. Hiermee kan worden aangetoond dat de methode lijkt te werken. Het fosfaatrijke bodemwater zal richting de drain stromen. Voordat het water de drain instroomt, worden de fosfaten als het ware uit het water gehaald. Het grondwater dat naar het Oosterduinse Meer toe stroomt bevat hierdoor aanzienlijk minder fosfaat, waardoor op lange termijn de eutrofiering in het Oosterduinse Meer zal afnemen. Door de lange reisperiode van het grondwater heeft het meer er wel pas na dertig tot vijftig jaar profijt van. (H2O, 2011)

De bollenvelden rondom het Oosterduinse Meer zijn al gedraineerd. Deze drains zouden dan nog alleen van de omhulling voorzien dienen te worden. Benadrukt moet worden dat de methode nog op haalbaarheid getoetst moet worden voordat met zekerheid gezegd kan worden dat de methode daadwerkelijke werkt bij het Oosterduinse Meer. De vermelding in deze rapportage heeft slechts als doel om een eventuele haalbaarheidsstudie te starten.

6.2.2 Herinrichting

Voor alle bovenstaande maatregelen wordt er van uit gegaan dat het eigendom van een deel van de recreatieplas in handen blijft van zandsteenfabriek Van Herwaarden. Met het oog op de verdere ontwikkelingen van het meer kan zich een overdracht van eigendom voordoen. In dit geval is van Herwaarden niet langer de eigenaar en zou het meer een complete herinrichting kunnen krijgen. In dat geval wordt aanbevolen het meer in zijn geheel te verondiepen met gebiedsvreemd materiaal, of met het eerder beschreven ijzerhoudend zand. In combinatie met een bronaanpak kan dit lijden tot een directe sterke reductie van de fosfaataanvoer in het meer. Zeker als er bij de herinrichting van de plas ook nog rekening gehouden wordt met de balans tussen de flora en fauna. Door in het meer ook eilanden te creëren kan de recreatieve aantrekkingskracht van het meer nog meer worden vergroot. Verwacht wordt dat deze enorme verandering zorgt voor het terugkomen van de bezoekers en een grotere bekendheid van het meer. Bij het compleet verondiepen kunnen ideeën welke in de door BWZ Ingenieurs opgestelde visie staan vermeld, goed uitgevoerd worden.

6.3 Advies

Samengevat wordt aanbevolen op korte termijn een behandeling met waterstofperoxide te starten, of luchtmenginstallaties te installeren. Op langere termijn zijn de mogelijkheden afhankelijk van de eigenaar van het meer en het budget wat er voor vrij gemaakt kan worden. Onafhankelijk van het eigendomsrecht wordt aangeraden een bronaanpak uit te voeren voor de lange termijn zoals het plaatsen van omhulde drains. Deze maatregel is relatief goedkoop en duurzaam. In combinatie met (gedeeltelijk) verondiepen kan het Oosterduinse Meer weer kenmerkend worden voor Noordwijkerhout en het bloembollengebied. Dit staat los van de gesprekken die het Hoogheemraadschap van Rijnland momenteel voert met de bollensector en moet worden gezien als een extra aanvulling op het verlagen van de nutriëntenbelasting.

7 Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zal antwoord worden gegeven op de in de inleiding gestelde hoofdvraag. Aan de hand van dit antwoord zullen de deelvragen worden beantwoord. Deelvragen één tot en met vier zullen niet per maatregel worden behandeld, maar er wordt een algemeen beeld van de verhoudingen tussen de maatregelen gevormd. In de tweede paragraaf worden aanbevelingen gedaan.

7.1 Conclusie

In dit onderzoek staat de volgende vraag centraal:

"Welke maatregel(-en) kunnen, binnen de opgestelde visie, het best worden toegepast en zorgen voor een betere waterkwaliteit in het Oosterduinse Meer en dus voor een vermindering van de problemen met blauwalgen?"

Een literatuurstudie en vervolgens het gebruik van een *multi-criteria analyse* (MCA), hebben het mogelijk gemaakt deze vraag te kunnen beantwoorden.

Uit de uitgevoerde MCA is gebleken dat een aantal maatregelen de potentie hebben het blauwalgprobleem in het Oosterduinse Meer op te lossen. Dit zijn:

- Het verspreiden van waterstofperoxide;
- Het mengen van lucht door middel van een traditionele luchtmenginstallatie;
- Het mengen van lucht door middel van een airlift.

Het verspreiden van waterstofperoxide heeft volgens de analyse de meeste potentie. Daarna scoort de traditionele luchtmenginstallatie het hoogst, gevolgd door de airlift. Het verspreiden van waterstofperoxide wint het van de traditionele luchtmenginstallatie vanwege de lagere kosten. Het aanleggen van de airlifts scoort lager dan de traditionele luchtmenginstallatie vanwege het ontbreken aan draagvlak. Omdat alle drie de maatregen op het gebied van effectiviteit even goed scoren, en alle drie een ruime voldoende scoren, kan worden gezegd dat alle drie de maatregelen potentie hebben de blauwalgproblemen in het Oosterduinse Meer op te lossen. Het aanleggen van airlifts past echter niet goed binnen plannen in de door BWZ opgestelde visie, waardoor deze afvalt. Er blijven dus twee potentiele maatregelen over om de blauwalgproblemen op korte termijn op te lossen.

De overige maatregelen hebben een lage tot geen score voor effectiviteit omdat wordt verwacht dat deze niet zullen werken in het Oosterduinse Meer. Aangezien het criterium 'effectiviteit' de hoogste wegingsfactor heeft gekregen, hebben deze maatregelen geen hoge eindscore. Wel scoren de overige maatregelen enigszins beter op het gebied van duurzaamheid. Dit resulteert, door de lage wegingsfactor voor dit criterium, niet in een hoge eindscore. Geconcludeerd kan worden dat de effectiviteit van een maatregel bepalend is voor de uiteindelijke score.

Uit de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse is gebleken dat de drie bovengenoemde maatregelen altijd een goede score zullen blijven houden ongeacht de wegingsfactoren van de criteria. Pas bij een ongeveer gelijke verdeling tussen de wegingsfactoren, zal een andere maatregel als beste uit de multi-criteria analyse komen. Dit betreft het plaatsen van een muur van mosselkratten. Ook is gebleken dat deze maatregel het beste gaat scoren als deze effectief blijkt in diepe plassen.

De maatregelen voortkomend uit de multi-criteria analyse kunnen op verschillende manieren worden toegepast. Voordat een behandeling met waterstofperoxide kan worden toegepast, dient er vooronderzoek gedaan te worden. Verwacht wordt dat twee keer per jaar behandelen zal volstaan, aangezien het waterstofperoxide de bloei van de blauwalgen tegengaat. Het Oosterduinse Meer zal twee keer per jaar een aantal dagen gesloten worden om met een boot het waterstofperoxide toe te dienen.

Een traditionele luchtmenginstallatie bestaat uit twee delen welke geïnstalleerd moeten worden. De beluchtingsleidingen worden op de bodem van het meer gelegd. Op de oever van het meer wordt een compressorhuisje geplaatst. Dit wordt in één keer gedaan, waardoor het meer niet meerdere keren per jaar gesloten dient te worden.

Bovengenoemde maatregelen zijn symptoombestrijdingen en lossen de oorzaak van het probleem, de voedingsstofrijke kwelstroom, niet op. Op den duur zal gezocht moeten worden naar een manier om de fosfaataanvoer vanuit de bollenvelden terug te dringen. Eén van de mogelijkheden is het aanleggen van omhulde drains in het bollengebied. Het grondwater wordt hierdoor gezuiverd door ijzerhoudend zand. Een andere mogelijkheid is het verondiepen met gebiedsvreemd materiaal en opnieuw inrichten van het meer. Dit kan alleen als het meer niet meer in eigendom is van zandsteenfabriek van Herwaarden.

7.2 Aanbevelingen

Verschillende belanghebbenden zullen met elkaar in overleg moeten gaan over de toekomst van het Oosterduinse Meer, en de aanpak van de aanwezige blauwalgproblematiek. Aanbevolen wordt om dit onderzoek te gebruiken om inzicht te krijgen in de mogelijke maatregelen. Op korte termijn zal een keuze moeten worden gemaakt tussen het verspreiden van waterstofperoxide en het installeren van een luchtmenginstallatie. Voor beide maatregelen zal door een extern bureau vooronderzoek uitgevoerd worden. Er zal door de betrokken partijen en belanghebbenden een duidelijke afweging moeten worden gemaakt tussen kosten en ervaring. Waterstofperoxide is een goedkoop alternatief, maar het ontbreekt aan ervaring. Met luchtmenginstallaties is veel meer ervaring, maar het blijft een relatief duurdere maatregel.

Op lange termijn wordt aanbevolen duurzame manieren van bronaanpak te onderzoeken. Een manier welke tijdens dit onderzoek aan het licht is gekomen, is het draineren van het bollengebied met omhulde drains. Al uitgevoerde onderzoeken tonen positieve resultaten maar verder onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden zal wel nodig zijn.

Ook wordt voor de lange termijn aanbevolen om te onderzoeken of het eigendom van het Oosterduinse Meer op termijn in handen kan komen van een andere partij. In dit geval dat van Herwaarden het eigendom afgeeft, is de mogelijkheid er om het meer een complete herinrichting te geven. De mogelijkheid is er dan om het gehele meer te verondiepen met gebiedsvreemd materiaal.. Hierbij dient nog wel rekening te worden gehouden met de ideeën welke zijn opgenomen in de visie. Zo kan overwogen worden bepaalde vissoorten weg te vangen en natuurvriendelijke oevers aan te leggen. Bij een overdracht van het eigendom wordt aanbevolen om te onderzoeken wat de meerwaarde is van het herinrichten van het meer, en of op deze manier het blauwalgprobleem wordt opgelost.

Aanbevelingen in het kort

Korte termijn:
- Keuze maken tussen waterstofperoxide verspreiden & het aanleggen van een luchtmenginstallatie

Lange termijn:
- De mogelijkheden onderzoeken naar een bronaanpak
  - Gesprekken met de bollensector voortzetten
  - Onderzoek naar de mogelijkheid van omhulde drains
- Onderzoek doen naar de mogelijkheden van eigendomsverandering

Geraadpleegde Literatuur

Bij het opstellen van deze rapportage zijn de onderstaande rapporten, websites, en artikelen geraadpleegd. Eventuele gedane interviews zijn hier ook tussen gezet, maar een uitwerking hiervan is te vinden in bijlage B 'Uitwerking interviews'. Door de diversiteit van de onderzochte onderwerpen is er een groot aantal bronnen geraadpleegd. Om het overzicht te bewaren is er in deze literatuurlijst een onderverdeling gemaakt tussen de bronnen aan de hand van de onderwerpen waarvoor deze zijn gebruikt.

Gebiedsbeschrijving

- **(Rijnland, 2012)** Watersysteemanalyse Oosterduinse Meer, Hoogheemraadschap van Rijnland, (M. Kramer). Leiden, december 2012.
- **(BWZ ingenieurs, 2012)** Oosterduinse Meer visie, BWZ ingenieurs, (H. zwart, S. Muilwijk, & J. van den Hurk). Rapportnummer BWZ 12-072. Culemborg, november 2012.

Blauwalgen

- **(Stowa, 2009).** Blauwalgen: Giftig groen, STOWA, (M. Lurling, & H. van Dam). Rapportnummer 2009-43. ISBN 978.90.5773.466.3. Utrecht, november 2009.
- **(Stowa, 2000).** Toxische blauwalgen in recreatiewateren, STOWA, (M. Lurling). Rapportnummer 2000-20. ISBN 90.5713.115.0. Utrecht, december 2000.
- **(RIZA, 2002).** Blauwalgen (Cyanobacteriën), RIZA, (K. Wolfstein, & M. Roukema). Lelystad, 2002.

Aanleggen natuurvriendelijke oever

- **(Rijnland, 2007)** Beheer- en onderhoudsplan natuurvriendelijke oevers, Hoogheemraadschap van Rijnland, (W.N. van der Heeden). Leiden, 23 juli 2007.
- **(Rijnland, 2008)** Brochure natuur vriendelijke oevers, Hoogheemraadschap van Rijnland. Leiden, augustus 2008.
- **(Rijnland, 2010)** Handreiking voor ontwerp, aanleg, inrichting, beheer en onderhoud van natuurvriendelijke oevers, Hoogheemraadschap van Rijnland, (L. Vuister). Leiden, april 2010.
- **(Land + Water, 2011)** LAND +WATER nummer 11, artikel: Zuurstoftoevoer legt fosfaat vast in waterbodem, Vakblad Land + Water, (IR. W.J. Bakker & Dr. A.J.P. Smolders). Barneveld, november 2011.
- **(Stowa, 2011)** Een frisse blik op warmer water, STOWA, (S. Kosten). Rapportnummer 2011-20. ISBN 978.90.5773.524.0. Amersfoort, oktober 2011.
- **(Stowa, 2011-b)** Handreiking natuurvriendelijke oevers een standplaatsbenadering, STOWA, (S. Sollie , E. Brouwer, P. de Kwaadsteniet). Rapportnummer 2011-19. ISBN 978.90.5773.521.9. Amersfoort, september 2011.
- **(Stowa, 2012)** Tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel, STOWA, (P.J. Westendorp et al). Rapportnummer 2012-38. ISBN 978.90.5773.573.8. Amersfoort, oktober 2012.

Verondiepen recreatieplas

- **(Bodemrichtlijn, 01)** Website: Bodemrichtlijn.nl. Geraadpleegd op 3 maart 2013 http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/c-grondverzet/c5-transport-en-overslag/transport-en-overslag-kosten-wegtransport
- **(VROM, 2010)** Handreiking voor het herinrichten van diepe plassen. Ministerie van VROM, werkgroep van het Implementatieteam Besluit Bodemkwaliteit. Den Haag, december 2010.
- **(Stowa, 2010)** Heldere kijk op diepe plassen. STOWA, (A. Oste, N. Jaarsma, F. van Oosterhout). Rapportnummer 2010-38. ISBN 978.90.5773.502.8. Amersfoort, november 2010.
- **(Stowa, 2008)**. Van helder naar troebel… en weer terug, STOWA, (N. Jaarsma, M. Klinge, L. Lamers). Rapportnummer 2008-04. ISBN 978.90.5773.386.4. Utrecht, maart 2008.
- **(L. van Liere, 2013)** Interview met dhr. L. van Liere, beleidsondersteuner Hoogheemraadschap van Rijnland. 20 februari 2013**.**

Luchtmenginstallatie

- **(Rijnland, 01)** protocol beluchtinginstallatie, Leiden.
- **(Witteveen & Bos, 2011)** Onderzoek neveneffecten luchtmenginstallaties op diepe plassen, Witteveen & Bos, (N.G. Jaarsma, M. Klinge,). Rapportnummer LDN176-1/posm/006. Deventer, 14 juli 2011.
- **(Rijnland, 2012-b)** Beleid diepe plassen, Hoogheemraadschap van Rijnland, (J. Oosterbaan, M.F.N. van Duin, H. Terlouw). Leiden, 18 januari 2012.
- **(RPS, 2013)** Haalbaarheidsstudie blauwalgenbestrijding diepe plassen, (A. Oste, M. van Dieren, N.G. Jaarsma). Rapportnummer NC2180132. Leerdam, 22 februari 2013.
- **(J. Oosterbaan, 2013)** Interview met dhr. J. Oosterbaan, adviseur waterkwaliteit Hoogheemraadschap van Rijnland. 14 maart 2013.

Vissen wegvangen

- **(RIZA, 1992)** Handleiding Actief Biologisch Beheer, RIZA, (S.H. Hosper, M. L. Meijer, J. Quak, & P.A. Walker). ISBN 90-800120-5-X. Lelystad. juni 1992.
- **(Emmerik et. al., 2012)** Visstand- en visserijbeheer in diepe plassen, Sportvisserij Nederland, (W.A.M. van Emmerik & R. Verspui). Rapportnummer KI201101. Bilthoven. augustus 2012.
- **(Witteveen & Bos, 2008)** Kosten en baten actief biologisch beheer, Witteveen & Bos, (M. Klinge & G.J. Witjes) Rapportnummer bhv28-1_003, Deventer. mei 2008.
- **(Quak, 2013)** Interview met dhr. J. Quak, projectmanager bij belangenorganisatie Sportvisserij Nederland. 2 april 2013.

Vlokmiddel

- **(Phoslock,01)** Website: Over Phoslock. Geraadpleegd op 15 maart 2013 http://www.phoslock.eu/nl/phoslock/over-phoslock/
- **(Phoslock,02)** Website: Vooronderzoek. Geraadpleegd op 18 maart 2013 http://www.phoslock.eu/nl/toepassingen/phoslock-toepassen/vooronderzoek/
- **(Phoslock,03)** Website: Phoslock toepassen. Geraadpleegd op 18 maart 2013 http://www.phoslock.eu/nl/toepassingen/phoslock-toepassen/phoslock-toepassen/
- **(Lurling et. al, 2009)** Flock & Lock in De Rauwbraken, Wageningen UR, (M. Lurling & J.F.X. Oosterhout). Rapportnummer M347. Wageningen, januari 2009.
- **(Van Goethem, 2010)** Eindrapport: Phoslock behandeling van zwemplas De Kuil, Instituut Dr. Nowak, (P. van Goethem). Ottersberg, juni 2010.
- **(Stowa, 2012-b)** Bestijding blauwalgen overlast, STOWA, (Miquel lurling, Bart engels, guido waajen, Hans van zanten, lennart turlings). Rapportnummer 2012-42. ISBN 978.90.5773.575.2. Amersfoort, November 2012.

Waterstofperoxide

- **(Visser, 2013)** Selective suppression of harmful cyanobacteria in an entire lake with hydrogen peroxide, Universiteit van Amsterdam & Arcadis advies- en ingenieursbureau, (Hans C.P. Matthijs, Petra M. Visser, Bart Reeze, Jeroen Meeuse), Amsterdam, april 2012.
- **(Matthijs, 2013)** Email correspondentie met dhr. J.C.P Matthijs op 18 maart 2013 en 19 april 2013.
- **(H2O, 2010)** Effectiviteit bestrijding blauwalgen met waterstofperoxide, H2O 21 jaargang 2010 blz. 31 t/m 34, (Matthijs, Meeuse) Den Haag, 2010.
- **(Matthijs, 2013-b)** Telefonisch interview met dhr. J.C.P Matthijs op 2 meit 2013.
- **(Pauwels, 2009)** The effect of Iron and Lanthanum modified Bentonite (Phoslock®) on macrofauna and ecosystems, Wageningen University &Research (M.A. Pauwels), Juni 2009.

Mosselkratten

- **(Mosselkratten, 01)** Website: zoetwatermosselen bindt strijd aan met blauwalg. Geraadpleegd op 3 april 2013. (http://waterforum.net/Artikel/PrintArtikel.aspx?ID=4473)
- **(Sportvisserijnederland, 01)** Website: driehoeksmossel lust blauwalgen rauw. Geraadpleegd op 3 april 2013. (http://www.sportvisserijnederland.nl/sportvissers/actueel/112/driehoeksmossel_lust_de_blauwalg_rauw.html)
- **(Lengkeek, 2013)** Interview met dhr. W. Lengkeek, projectmanager marine ecologie bij Bureau Waardenburg. 12 april 2013.

Aangepaste drainage bollenteelt

- **(H2O, 2011)** Verwijdering van fosfaat uit bodemwater met ijzerzand: de omhulde drain, H2O 20 jaargang 2011 blz. 35 t/m 38, (Chardon, Groenenberg) Den Haag, 2011.

Bijlagen

- Bijlage A, Foto impressie
- Bijlage B, Uitwerking interviews
- Bijlage C, Diepte gegevens Oosterduinse Meer
- Bijlage D, Uitwerking kosten maatregelen
- Bijlage E, Gevoeligheidsanalyse
- Bijlage F, Variaties MCA

Bijlage A

Foto impressie



1


2


3


4


5


6


7


8


9


10


11



Locatieverantwoording van de foto impressie

Bijlage B
Uitwerking interviews

- **Jaap Quak, Sportvisserij Nederland**
- **Klaas van Zijverden, Kano-- en bootverhuur**
- **Marijke Waterreus, Gemeente Noordwijkerhout**
- **Fam. Freund, Surfclub Como**
- **Dhr. Noorlander, Bungalow- en campingpark Sollasi**
- **Dr. H Matthijs, Universiteit van Amsterdam**

Interview verslag Jaap Quak
02-04-2013 (Bilthoven, Sportvisserij Nederland)

Jaap Quak is één van de projectmanagers bij Sportvisserij Nederland. Hier werkt hij aan verschillende projecten die gericht zijn op het behartigen van de belangen van de landelijke sportvisserij. Hij is zo medeverantwoordelijk voor de visie die sportvisserij Nederland heeft omtrent actief biologisch beheer (ABB). Tijdens het interview was de volgende hoofdvraag de leidraad van het gesprek: Is het toepassen van ABB in het Oosterduinse Meer een effectieve maatregel tegen blauwalgen?

Het handboek ABB is oorspronkelijk opgesteld voor meren en plassen met een gemiddelde diepte van twee tot vier meter. Dit komt echter niet overeen met de diepte van het Oosterduinse Meer. Maar de essentie van het document kan hier wel toegepast worden, aldus Jaap. Deze essentie komt neer op de wens om op voorhand een prognose te kunnen stellen over het effect van een ABB behandeling. Dit gebeurt op basis van een aantal criteria. Enkele voorbeelden hiervan zijn de aanwezigheid van waterplanten, grote daphnia's, en een minimale fosfaataanvoer.

Volgens Jaap is de denklijn die in de handleiding wordt aangedragen nog steeds actueel, ondanks het feit dat deze al 20 jaar oud is. Hierbij moest wel gezegd worden dat het aantal succesverhalen van ABB maar zeer mager is. Dit komt voornamelijk door de nutriëntbuffers in de waterbodem, of door het feit dat het systeem niet visafgesloten is. Dit betekend nogmaals dat alle aspecten van het systeem vooraf goed onderzocht dienden te worden wil een ABB behandeling goed werken.

De theorie achter ABB is volgens Jaap dat de nutriëntenstroom hoofdzakelijk via de vegetatie gaat lopen i.p.v. door de visstand. Voor het Oosterduinse meer geldt dat er een groot spanningsveld is met deze, misschien wel de meest basale, criteria van ABB. Als deze aanvoer niet naar beneden kan gaan is 'dweilen met de kraan open.' Hierdoor zal de maatregel in dit geval ook niet als duurzaam kunnen worden aangemerkt.

Verder vertelde Jaap dat er momenteel ook ideeën zijn over een verdere aanpak na een ABB ingreep. Dit is het toepassen van beheersvisserij. Hierbij wordt om de drie jaar 30 tot 40 % wegvangen om de visstand op niveau te houden. Maar hij, en daarmee sportvisserij Nederland, is hier geen voorstander van omdat het nog nooit toegepast is in Nederlandse wateren, en omdat het volstrekt chaotische reacties kan veroorzaken binnen de visstand. De effecten hiervan zijn dus eigenlijk niet te voorzien.

Jaap concludeert dat, voor het Oosterduinse Meer, ABB geen effectieve maatregel is tegen blauwalgen zolang de nutriëntenaanvoer niet wordt verminderd.

Interview verslag Klaas van Zijverden
10-04-2013 (Noordwijkerhout, Kano- en bootverhuur)

Klaas van Zijverden is een ondernemer aan het Oosterduinse Meer. Bij de parkeerplaats bezit hij een pand vanwaar uit hij kano's en boten verhuurt. Ook is in het pand een café gevestigd. Klaas ondervindt veel problemen als gevolg van de blauwalgen. Hij merkt op dat het voor de recreatie een ramp is. Er zijn echter mensen die de waarschuwingen negeren en gewoon gaan zwemmen in het meer. Dit zijn met name inwoners van gemeente Noordwijkerhout die juist wat anders willen dan het zeestrand.

Ook wordt opgemerkt dat de problemen de laatste jaren waarschijnlijk niet erger zijn geworden, maar ligt het probleem waarschijnlijk bij het verzwaren van de Europese zwemwaterrichtlijn. Deze is in 2006 drie keer zo zwaar geworden. Verder merkt Klaas op dat de waarschuwingen welke worden afgegeven vaak zijn gebaseerd op een momentopname. De testen worden vaak rond 10:00 uur gedaan. Bij bepaalde weersomstandigheden kan het voorkomen dat de drijflagen een uur later naar de andere kant van het meer drijven. Ter plaatse van de zwemlocaties zijn dan geen drijflagen waarneembaar, maar geldt er wel een zwemverbod. De drijflagen ontstaan vooral bij een windrichting vanuit het noordoosten. Ook wordt benadrukt dat in de media vaak dezelfde foto's worden gebruikt. Deze beelden wijken af van de werkelijkheid.
Verder geeft Klaas wat informatie over het meer. Zo laat hij weten dat er een aantal geulen in de bodem van het meer aanwezig zijn. Ook meldt hij dat de plantengroei in het meer pas sinds twee jaar aanwezig is.

Wat betreft de maatregelen laat Klaas een duidelijke afkeur blijken omtrent het verondiepen van de plas en het verspreiden van vlokmiddel. Bij beide maatregelen wordt het zand van de zandsteenfabriek "van Herwaarden" aangetast. Na 2035 zou de fabriek het Oosterduinse Meer weer mogelijk kunnen gebruiken voor zandwinning. Het aantasten van het schone zand is dus niet wenselijk. Ook geeft Klaas een duidelijke afkeur aan wat betreft het aanleggen van natuurvriendelijke oevers. De huidige natuurvriendelijke oevers die er liggen belemmeren de recreatie en bovendien zijn deze oevers juist de locaties waar de algen het meest gesignaleerd worden.

Het toedienen van waterstofperoxide wordt gezien als potentiele goede maatregel. Klaas raadt aan de naam waterstofperoxide niet te gebruiken in de communicatie met de burgers. Het wegvangen van vissen is volgens klaas ook een maatregel met enige potentie. Wel raadt hij aan de verbinding met de boezem open te houden. Op deze manier kan het meer een retentiegebied blijven.

Ook het plaatsen van mosselkratten is een maatregel welke potentie heeft volgens Klaas. Deze kratten zouden geplaatst kunnen worden op een locatie waar geen recreanten komen. Op deze manier kunnen recreanten geen hinder ondervinden van de kratten.

Interview verslag Marijke Waterreus
10-04-2013 (Noordwijkerhout, Gemeente Noordwijkerhout)

Marijke Waterreus houd zich bezig met toerisme, recreatie en economische zaken en heeft aan BWZ Ingenieurs gevraagd een visie op te stellen voor het Oosterduinse Meer. Vooral in de jaren tachtig werd er volop gerecreëerd aan het meer. Dat is minder geworden als gevolg van de blauwalg, maar ook het feit dat er niet veel is geïnvesteerd in het meer speelt hier mee. Daarnaast is het meer in bezit van meerdere grondeigenaren. De provincie en de zandsteenfabriek van Herwaarden hebben beide delen in bezit.

Bij het doorlopen van de maatregelen wordt duidelijk dat de gemeente geen bepaalde voorkeur heeft voor een bepaalde maatregel. De gemeente hecht vooral waarde aan het verdwijnen van de blauwalgen, ongeacht de maatregel waarmee dit wordt behaald. Toch geeft Marijke aan dat ze het aanleggen van natuurvriendelijke oevers het meest economisch vriendelijk vind.

Ook ligt bij de gemeente de wens om de verbinding met de boezem open te houden. Dit heeft te maken met de lange termijn plannen welke er voor het Oosterduinse Meer liggen. Zo is het plan om mogelijk een aanlegsteiger voor boten aan te leggen.

Verder wordt opgemerkt dat de kosten voor de maatregel niet door de gemeente worden betaald. Het geld zal met verschillende partijen bij elkaar moeten worden gebracht.

Interview verslag familie Freund
10-04-2013 (Noordwijkerhout, Surfclub Como)

Surfclub Como ondervind als gevolg van de blauwalgproblematiek meerdere problemen. Sinds de blauwalgen voor het eerst in het meer verschenen is het ledenaantal van de surfclub gedaald. De club heeft nu nog maar +/- vijftien actieve leden. Ook geeft het bestuur van de club aan dat de jaarlijkse triatlon van Noordwijkerhout een aantal keer verplaatst is als gevolg van de blauwalgproblemen.

Tijdens het voorleggen van de maatregelen wordt duidelijk dat het belang van de surfclub erg op natuur is gericht. Er is een duidelijke afkeer richting het wegvangen van vissen. De meerwaarde van het surfen zou afnemen als bepaalde vogelsoorten rondom het meer verdwijnen. Deze vogelsoorten komen juist naar het meer om hier vis te vangen. Eenden zullen mogelijk ook niet meer voorkomen als vissen worden weggevangen.

De surfclub stelt als eis het feit dat de maatregel op geen enkele manier schadelijk kan zijn voor mens en dier. Na uitleg van de maatregelen wordt de meeste potentie gezien in het toedienen van waterstofperoxide.

Verder wordt opgemerkt dat op het moment van het interview het bestemmingsplan Oosterduinse Meer ter inzage lag bij de gemeente Noordwijkerhout. De surfclub is bang dat aan de oostzijde van het meer een fietspad wordt aangelegd zodat men rondom het meer kan fietsen. Dhr. Freund is bang dat als dit gerealiseerd wordt jongeren mogelijk op scooters tegen elkaar gaan racen. Het geen wat de surfclub echt wil, namelijk het verdwijnen van de blauwalgen, staat tot hun spijt niet opgenomen in het bestemmingsplan.

Interview verslag Dhr. Noorlander
10-04-2013 (Noordwijkerhout, Bungalowpark Sollasi)

Dhr. Noorlander is eigenaar van Mijbupark bv. Hieronder vallen verschillende vakantieparken waaronder bungalowpark en camping Sollasi. Deze is direct aan het Oosterduinse Meer gelegen.

Dhr. Noorlander geeft aan dat in het Oosterduinse Meer ook in de zomer lokaal koude plekken in het water aanwezig zijn. Dit betekend dat op deze locaties geen effecten van *thermische stratificatie* aanwezig zijn.

Bij het bespreken van de maatregelen geeft dhr. Noorlander aan dat het aanleggen van natuurvriendelijke oevers niet handig is. Het meer heeft een recreatief doeleinde. Om dit te behouden is het niet de bedoeling dat natuur de overhand krijgt in het recreatiegebied. Ook geeft hij aan dat de blauwalgproblemen zich voornamelijk uiten in de huidige natuurvriendelijke oevers.

Dhr. Noorlander geeft aan dat de maatregelen een “pleister op de wond” zijn en legt vervolgens het watersysteem uit. Vanuit de hoger gelegen bollenvelden stroomt het water naar het meer toe. Door het plaatsen van drains watert het water vanuit de bollenvelden op deze drains af. Op lange termijn ziet dhr. Noorlander dit graag gerealiseerd worden.

Bij luchtmenginstallaties verwacht dhr. Noorlander lawaai waardoor bezoekers ook zullen wegblijven. Ook twijfelt hij aan de werking van de installaties. Als deze in het midden van het meer worden geplaatst, heeft dit dan wel effect op de oevers, de plek waar de algen het meest aanwezig zijn? Aldus dhr. Noorlander.

Op korte termijn ziet dhr. Noorlander mogelijkheden in het plaatsen van mosselkratten en het verspreiden van vlokmiddel. Bij vlokmiddel merkt hij op dat er ook al een dikke kleilaag op de bodem aanwezig is. Toch hoopt hij op een bronaanpak van het probleem en raad het onttrekken van het grondwater aan.

Telefonisch interview Dhr. J.C.P. Matthijs
02-05-2013 (Amsterdam, Universiteit van Amsterdam)

Aan de hand van enkele onduidelijkheden omtrent het toedienen van waterstofperoxide heeft een telefoongesprek plaats gevonden met dr. Hans Matthijs van de Universiteit van Amsterdam. Binnen de UvA is hij onder andere Professor Aquatische microbiologie. Dr. Matthijs is één van de betrokkenen bij door de UvA en Arcadis uitgevoerde onderzoeken naar deze blauwalgen-bestrijdingsmethode. Aan hem is de vraag voorgelegd of de maatregel ook effectief is bij een hoge fosfaataanvoer zoals in het Oosterduinse Meer. Hieronder is een samenvatting van zijn antwoord gegeven:

Waterstofperoxide richt zich op het voorkomen van drijflaagvorming. Door aan het begin van het seizoen een behandeling te laten plaatsvinden, bijvoorbeeld in de maand mei, wordt de bloei van de blauwalgen uitgesteld. Dhr. Matthijs geeft aan dat hij, aan de hand van ervaring uit lopend onderzoeken, de effecten van waterstofperoxide op het Oosterduinse Meer kansrijk schat. Dit ondanks de continue grote fosfaataanvoer en grotere diepte. Nu is in eerste instantie zijn verwachting dat één, hooguit twee, behandelingen voldoende zijn voor een positieve resultaat wat betreft het wegblijven van drijflagen gedurende het gehele zwemseizoen.

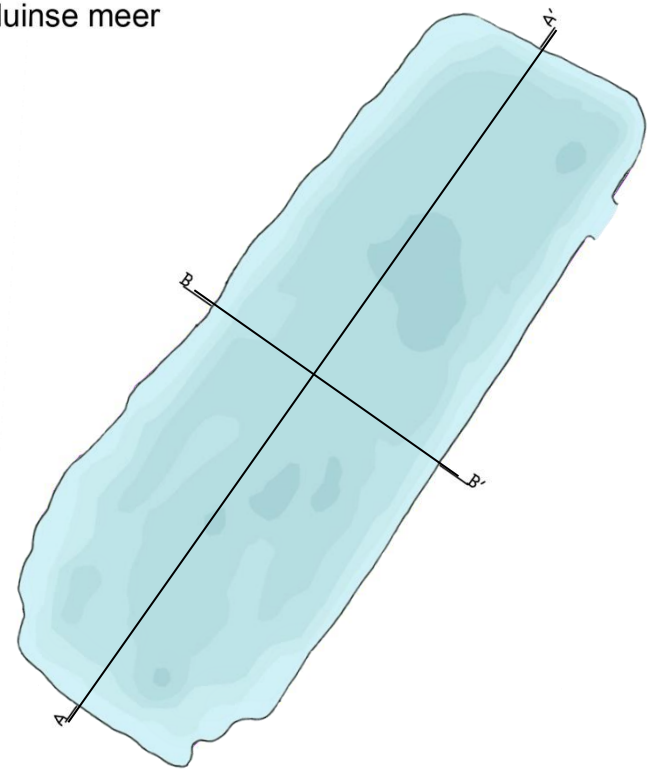
Verder gaf dhr. Matthijs aan dat een toediening van het middel, als de drijflagen zich al aan het vormen zijn, een zeer negatief effect geeft. Deze drijflagen drijven in dit geval nog steeds richting de oevers en veroorzaken hier weer de bekende stankoverlast. Een vroegtijdige behandeling is dus essentieel.

Verder benadrukt Dhr. Matthijs dat de UvA op zoek is naar watersystemen waar waterstofperoxide toegediend zou kunnen worden. Zeker omdat het Oosterduinse Meer een gemiddeld hogere fosfaataanvoer heeft en relatief grote diepte heeft liggen hier kansen om een proefopstelling uit te voeren. Dit zal natuurlijk wel in samenwerking moeten gebeuren met de Universiteit van Amsterdam.

Bijlage C

Diepte gegevens Oosterduinse Meer

Overzicht dieptegegevens Oosterduinse meer

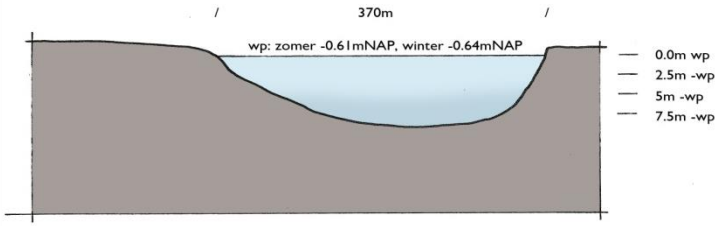


100 200 300 Meter

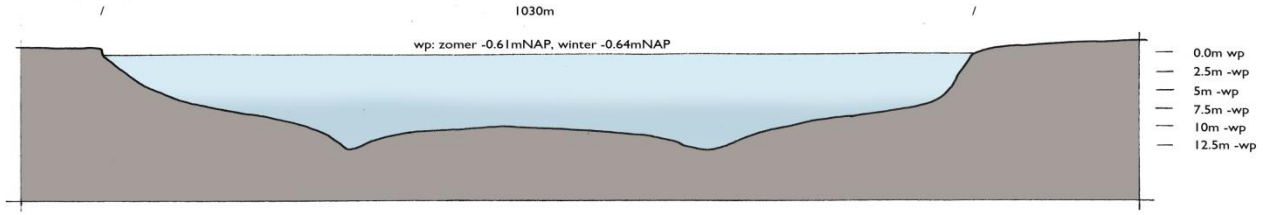
Legenda
Diepte bodem tussen de:

- 0 - 2.5 m
- 2.5 - 5.0 m
- 5.0 - 7.5 m
- 7.5 - 10.0 m
- 10.0 - 12.5 m

Dwarsprofiel Oosterduinse Meer



Lengteprofiel Oosterduinse Meer



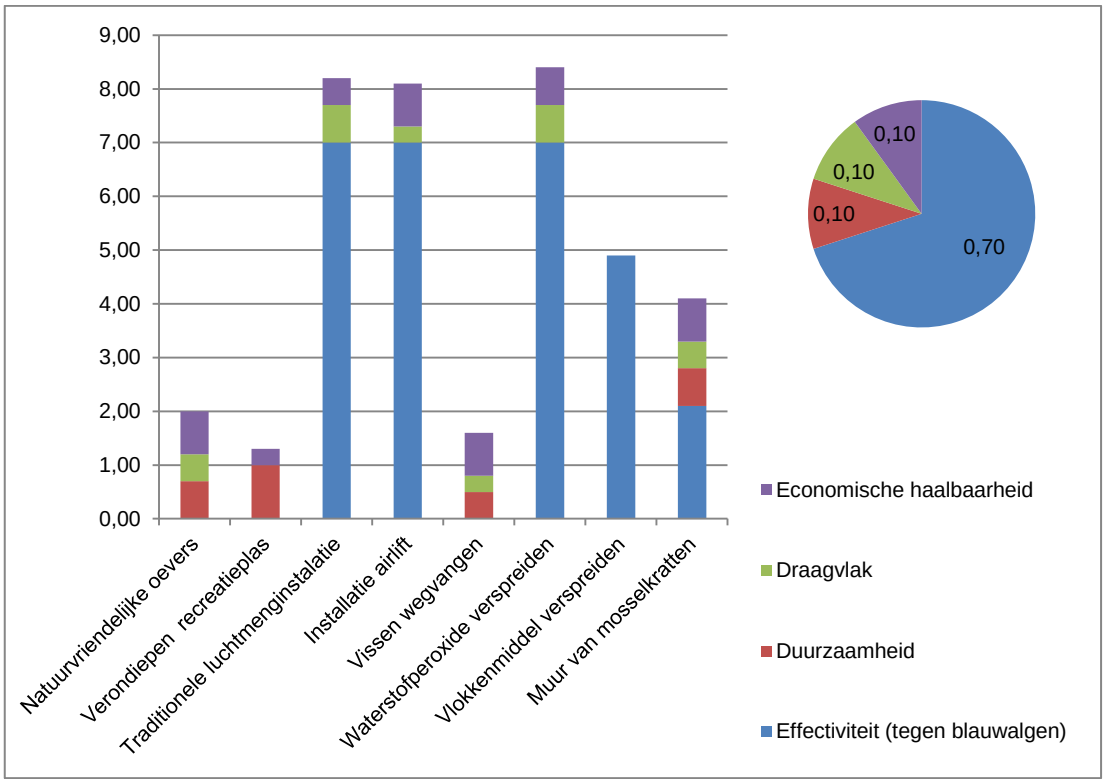
Projectnaam:	OOSTERDUINSE_MEER
Tekeningnaam:	DIEPTE_GEGEVENS
Naam: RUUD_LEIBBRAND	Status: DEFINITIEF
Datum: 28-04-2013	Opdrachtgever:
Formaat: A4	
Schaal Overzicht: 1:200	

Bijlage D
Uitwerking kosten maatregelen

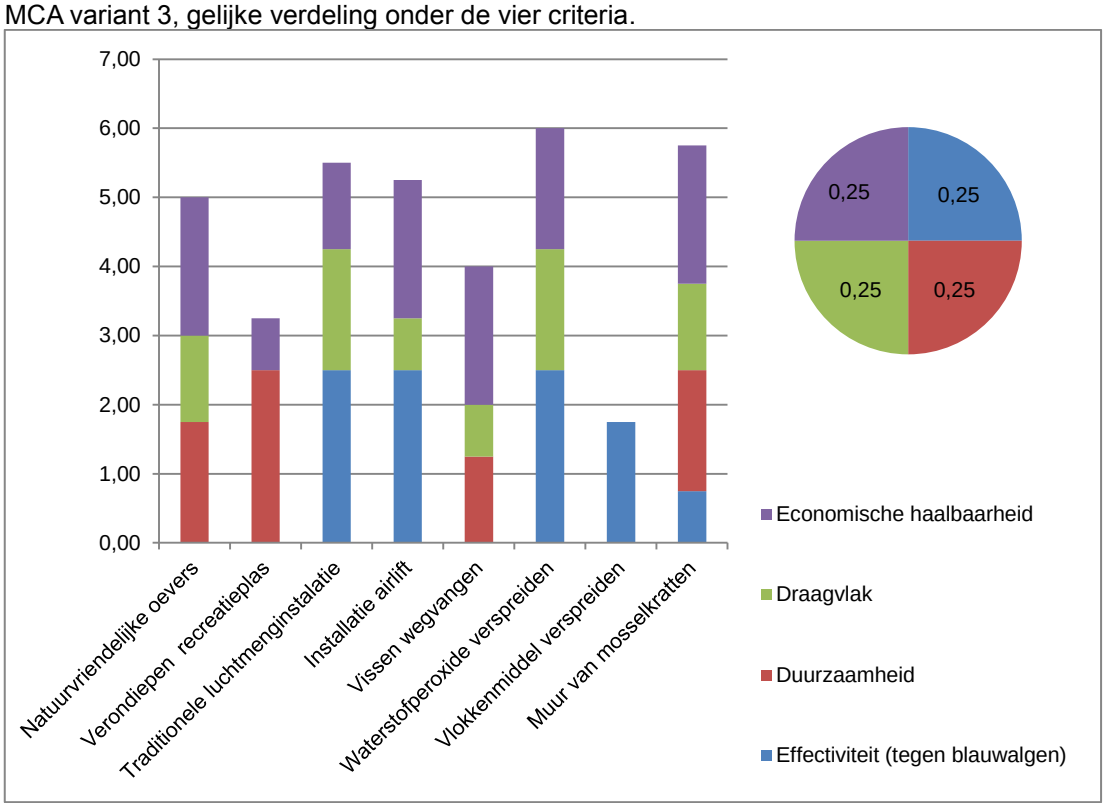
Kostenoverzicht maatregelen na 10 jaar						
Maatregel	Eenmalige aanleg kosten	Afschrijving / werkzaamheid in jaren	afschrijving-/herinversteringskosten voor een periode van 10 jaar	Onderhouds-/ Energiekosten per jaar	Totale kosten over een periode van 10 jaar	MCA waarde
Aanleggen natuurvriendelijke oevers	€ 206.352	n.v.t.	n.v.t.	€ 1.150	€ 217.852	8
Verondiepen Recreatieplas	€ 1.469.016	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	€ 1.469.016	3
Aanbrengen luchtmenginstallaties	€ 450.000	15	€ 300.000	€ 25.000	€ 1.000.000	5
Aanbrengen airlift	€ 120.000	15	€ 80.000	€ 12.000	€ 320.000	8
Vissen wegvangen	€ 113.000	4	€ 282.500	n.v.t.	€ 282.500	8
Vlokmiddel verspreiden	€ 1.486.800	1	€ 14.868.000	n.v.t.	€ 14.868.000	0
Waterstofperoxide verspreiden	€ 36.000	0,75	€ 540.000	n.v.t.	€ 540.000	7
Muur van kratten	€ 200.000	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	€ 200.000	8

Bijlage E
Gevoeligheidsanalyse

MCA variant 2, nadruk op effectiviteit, en een gelijke verdeling van de overige drie criteria.



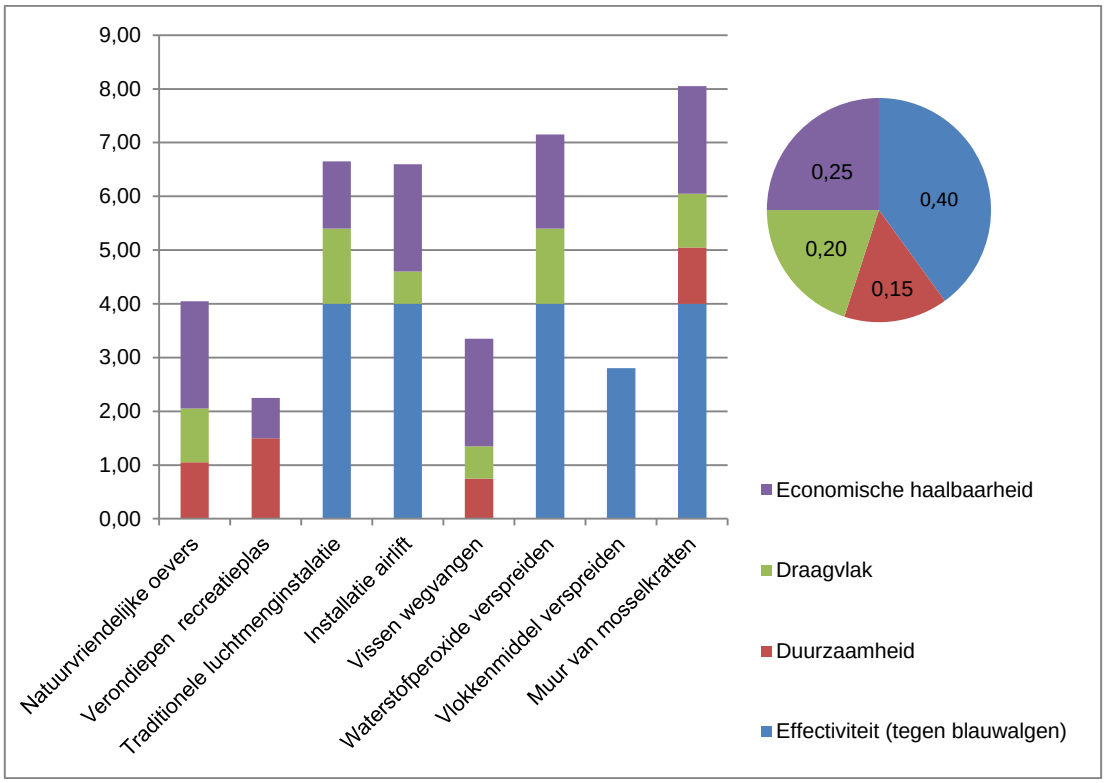
MCA variant 3, gelijke verdeling onder de vier criteria.



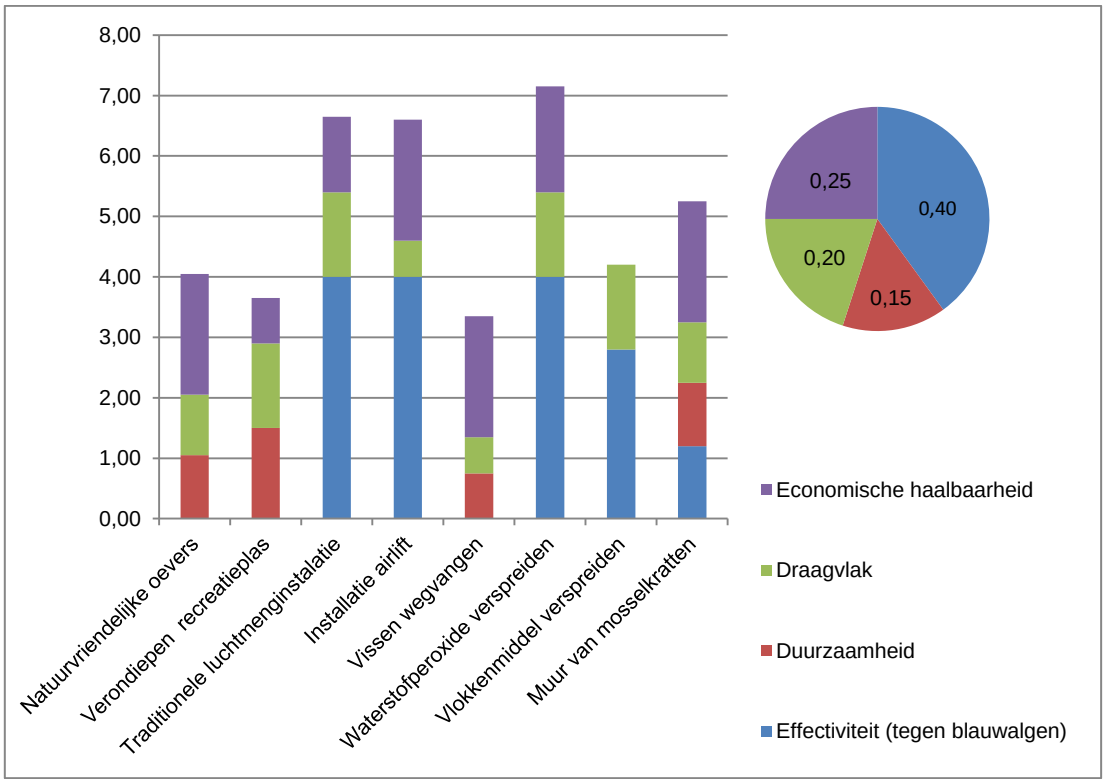
Bijlage F

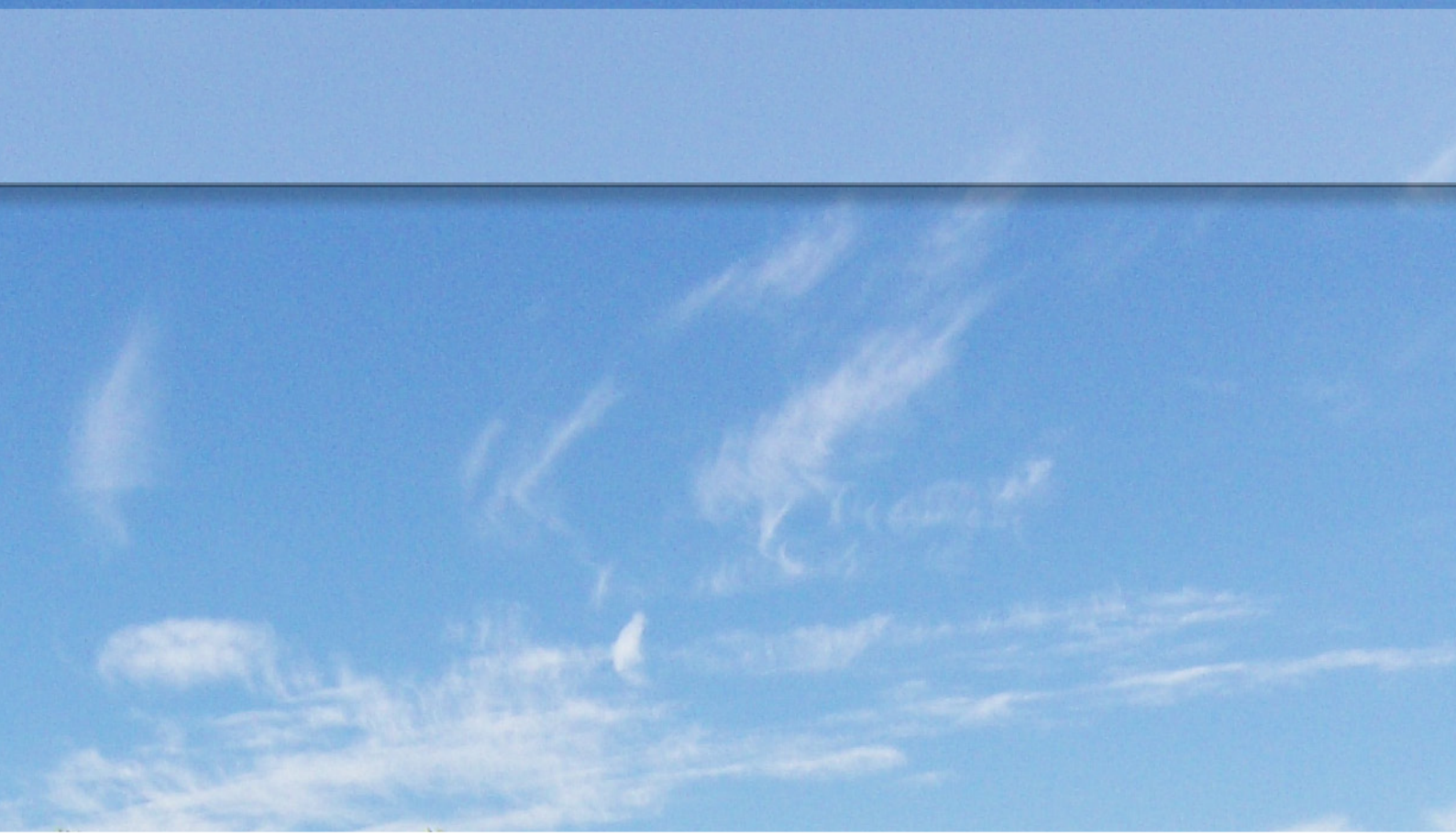
Variaties MCA

MCA variant bij positieve resultaten mosselkratten



MCA variant Van Herwaarden







BWZ Ingenieurs
Postadres:
Postbus 183 - 4100AD Culemborg
Bezoekadres:
Varkensmarkt 9 - Culemborg

www.bwz-ingenieurs.nl
E-mail: info@bwz-ingenieurs.nl
Tel.: 0345-523130

Van Hall - Larenstein
Postadres:
Postbus 9001 - 6880 GB Velp
Bezoekadres:
Larensteinselaan 26a - 6882 CT Velp

arjenkort@outlook.com
ruudleibbrand@gmail.com