



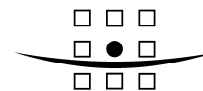
Effectbeoordeling ecologie

Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied

28 juni 2011

Definitief rapport

9V6742.A2



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Boschveldweg 21
Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch
+31 (0)73 687 41 11 Telefoon
+31 (0)73 612 07 76 Fax
info@den-bosch.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Effectbeoordeling ecologie

Verkorte documenttitel Effectbeoordeling ecologie

Status Definitief rapport

Datum 28 juni 2011

Projectnummer 9V6742.A2

Opdrachtgever Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied

Referentie 9V6742.A2/R0169/904891/BW/DenB

Auteur(s) M.C.E. Droog

Collegiale toets ir. R.A.E. Knoben .. 

Datum/paraaf 28 juni 2011

Vrijgegeven door drs. M. van Elswijk

Datum/paraaf 28 juni 2011 

SAMENVATTING DEEL I EN DEEL II

In deze samenvatting wordt uitgegaan van een gedegen basiskennis over de situatie in het Markermeer-IJmeergebied. Meer informatie over het Markermeer-IJmeergebied kan worden opgedaan in Noordhuis, 2010. In dit rapport is gekeken naar de invloed van twee type maatregelen- luwtestructuren en oermoeras- en de kwaliteit van ecologische verbindingen voor vismigratie op het Markermeer. Dit onderzoek is uitgevoerd in twee aparte studies, DEEL I 'Habitatmodellering: Effecten van maatregelen op ecologie' en DEEL II 'Ecologische Verbindingen: Vismigratie'. DEEL III geeft ten slotte nog aanbevelingen voor vervolgonderzoek op basis van DEEL I en DEEL II.

Deel I

In de modelstudie van deel I is gekeken naar het effect van de maatregelen luwtestructuren en oermoeras op de ecologische kwaliteit van het Markermeer. Hieruit is gebleken dat de maatregelen zowel positieve als negatieve effecten kunnen hebben en dat dit per gemodelleerde groep kan verschillen. De verwachting is dat beide maatregelen bijdragen aan het behalen van de natura-2000 doelen en dat het ecologische surplus als gevolg van met name de maatregel oermoeras groot is. De combinatie van beide maatregelen heeft een sterk positief effect en vanuit ecologisch perspectief is deze aanpak het meest wenselijk.

Temperatuur blijkt voor meerdere soorten een limiterende factor welke in de toekomst een kritische rol kan gaan spelen, in verband met de verwachte klimaatverandering. Het gaat hierbij vooral om de soorten die permanent in het water leven, zoals vissen, fytoplankton en macrofauna.

De ecologische winst die te behalen is in het Markermeer-IJmeergebied als gevolg van de maatregelen luwtestructuren en oermoeras is vooral lokaal merkbaar. De meest kansrijke strategie is richten op het uitbreiden en verstevigen van de reeds bestaande ecologisch waardevolle zones, zoals de kranswiervelden en de (driehoeks)mosselbanken. De verwachting is dat deze zones groter en robuuster worden als gevolg van de maatregelen en dat aantallen en groottes van individuen vooruit gaan.

Deel II

In de modelstudie van deel II is gekeken naar het effect van de aanleg van vispassages op de visstand in het Markermeer. Uit de studie blijkt dat er twee factoren drijvend zijn voor een robuuste visstand, namelijk vegetatie en voedsel in het Markermeer en de toegankelijkheid tot de polders. Zonder voldoende vegetatie en voedsel kan migrerende vis niet overleven in het Markermeer met als gevolg dat het effect van migratie nihil is. En bij voldoende geschikt leefgebied in het Markermeer-IJmeer heeft een goede passeerbaarheid van gemalen en stuwen een positief effect op de robuustheid en omvang van de visstand in het Markermeer. In het belang van een goede visstand van migrerende vis is het noodzakelijk om migratie mogelijk te maken van en naar het Markermeer. Echter, in de afweging tussen investeren in leefomgeving in het Markermeer of de toegankelijkheid van het gebied erbuiten licht het primaire belang bij de lokale leefgebied.

Bovendien is het effect van één vispassage naar verwachting klein en zeer lokaal (vooral omdat de lokstroom naar verhouding een zeer kleine uitstraling heeft), dus moet bij de aanleg van vispassages worden gedacht aan een grootschalig plan met meerdere vispassages over de omtrek van het Markermeer.

ENGLISH SUMMARY

The Markermeer is a Dutch Lake that used to make up the Zuiderzee, together with the IJsselmeer. The Markermeer was diked in with the initial purpose of land winning but it never got that far due to protests. As a result, the Markermeer can be seen as a sealed lake system, full of silt from the original Zuiderzee. Because most of the lake is only about 4 meters deep the wind influence on the silt causes great turbidity and low transparency. Over the last decades the ecological quality has shown a downward trend. Therefore, a large research plan was set up with the purpose to improve the ecological quality. As part of this large plan, this research project focuses on two main themes through two modeling studies. These two modeling studies intend to beforehand predict what measures are effective to increase the ecological quality of the Markermeer.

Focusing on the first theme, **habitat diversity**, a model was created with the modeling software HABITAT, designed for ecological analysis. In this model, the effect of two proposed measures on the ecological quality of the system was analyzed. The first measure consists of the placement of lea structures in the Hoornsche Hop area. These are supposed to create lea by diverting the silt away from the area behind the structures. The second measure consists of a large scale primal swamp in the east side of the lake near the Houtribdijk. This primal swamp is supposed to create an increase in dry-wet zone that is especially suitable for many plant and bird species.

From measurement data and silt modeling studies, input maps of abiotic parameters were created. These were used in cause-effect relations to calculate the habitat suitability of the Markermeer for 13 plant, algal and animal groups. Using a threshold predetermined threshold value, the suitable area was calculated per group for seven scenarios. These scenarios included the current situation, the combinations of measures and the effect of increased water temperature, expected in a worst-case calculation of the KNMI. By comparing the results of different scenarios, the effect of the measures for the different groups was calculated.

The analysis shows that the combination of both measures has a net positive effect on the ecological quality of the Markermeer. An increase in water temperature is especially threatening for species that live in the water, such as fish. Sessile species are especially prone to temperature peaks, and results show that the expected temperature increase makes the Markermeer unsuitable for the Zebra mussel, which is a key species for the system. Also, the high silt concentration proves to be a limiting factor for the water quality and for the suitability for many species.

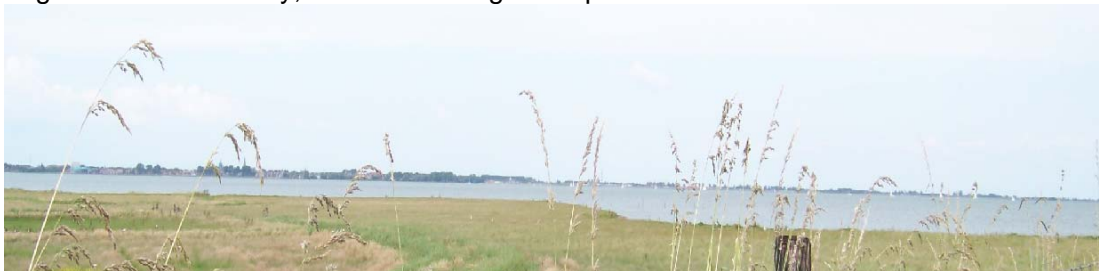
The results also show that both the lea structures are not necessarily beneficial for each group in terms of suitable habitat. For smelt, the current environment, as modeled in HABITAT, is almost entirely suitable. Here other influences, such as fishing, are most likely causing the low population size. These results show that it is desirable to expand and improve the HABITAT model, and that the results are unable to fully explain the system in the Markermeer.



Focusing on the second theme, **ecological connections**, a model was created with the dynamic point modeling software programme Berkeley Madonna. This model was designed to analyze the effect of fish passes on the fish population in the Markermeer. As a case study Roach was selected, a fish species that migrates upstream in summer for reproduction purposes. Based upon the available knowledge, the roach behavior and needs for roach migration were reproduced in a flowchart model. The goal was to identify the steering parameters that are crucial for a robust roach population in the Markermeer. Factors such as pumping station activity, vegetation, food availability, initial population size et cetera were incorporated.

The amount of vegetation in the Markermeer and the ability to migrate safely through the pumping station appeared the two most important features. Because of protection, reproduction habitat and food availability, vegetation in the Markermeer is crucial for the size of the roach population that can be supported. By allowing safe migration between the Markermeer and the hinterland, the population in the Markermeer is more proof against simulated crashes. This implies that the robustness of the Markermeer population is greatly improved by connections with hinterland, mainly the provinces Flevoland and Noord-Holland.

The main focus of fish population management should be on sufficient suitable habitat within the Markermeer. The effectiveness of fish passes are expected to be very local, especially regarding the size of the Markermeer. Therefore, it is advisable to invest in large scale connectivity, rather than single fish passes.



INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Onderzoeksvragen	1
1.3	Maatregelen	2
	DEEL I:	3
	HABITATMODELLERING: EFFECTEN VAN MAATREGELEN OP ECOLOGIE	3
2	HABITATMODELLERING: EFFECTEN VAN MAATREGELEN OP ECOLOGIE	4
3	MATERIAAL EN METHODEN	8
3.1	HABITAT	8
3.2	Selectie van groepen en soorten	9
4	RESULTATEN	17
5	DISCUSSIE	26
6	CONCLUSIES	35
7	INTRODUCTIE POPULATIEDYNAMISCHE MODELLERING VAN ECOLOGISCHE VERBINDINGEN	37
7.1	Vismigratie	37
7.2	De onderzoeksvragen	38
8	MATERIAAL EN METHODEN	39
8.1	Berkeley Madonna	39
8.2	Het blankvoornmodel	40
8.2.1	Flows	41
8.2.2	Formulas	43
8.3	Vertaling van vragen naar het blankvoornmodel	43
8.3.1	Omzetting van onderzoeksvragen	43
8.3.2	Scenario's	45
9	RESULTATEN	47
9.1	Scenario 0	47
9.2	Scenario 1	47
9.3	Scenario 2	47
9.4	Scenario 3	48
9.5	Scenario 4	48
9.6	Scenario 5	49
9.7	Scenario 6	49

9.8	Samenvatting resultaten	50
10	DISCUSSIE	51
10.1	Analyse	51
10.2	Gevolgen	52
10.3	Beantwoorden onderzoeksvragen	53
10.3.1	De toegepaste onderzoeksvragen	53
10.3.2	De initiële onderzoeksvragen	53
10.4	Extrapolatie naar andere vissoorten	54
10.4.1	Aal	54
10.4.2	Spiering	55
10.4.3	Driedoornige stekelbaars	55
10.4.4	Rivierdonderpad	55
10.4.5	Snoekbaars	55
10.4.6	Baars	55
10.4.7	Vissen algemeen	55
11	CONCLUSIE	56
12	AANBEVELINGEN	III
13	LITERATUUR	59

BIJLAGEN

1. Vergelijkingen Blankvoorn model
2. Overzicht van de herkomst en inhoud van meetpunten
3. Habitatkaarten
4. N2000-opgave opgave Markermeer
5. HABITAT model uitwerking

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Dit rapport effectbeoordeling ecologie is bedoeld om Rijkswaterstaat (RWS) op de hoogte te stellen van de vorderingen in het onderzoeksprogramma Natuurlijker Markermeer-IJmeer (NMIJ). NMIJ is opgesteld met als doel om de ecologische kwaliteit van het Markermeer-IJmeer gebied (vanaf nu Markermeer) te verbeteren. In deze tussentijdse rapportage wordt de opgedane kennis en nieuwe inzichten uit de ecologische modellering sinds het begin van het NMIJ project beschreven.

1.2 Onderzoeksvragen

In het kader van het onderzoeksprogramma NMIJ zijn drie thema's opgesteld, die de belangrijkste onderwerpen omvatten die moeten worden aangepakt om tot een robuust ecologisch systeem te komen. Deze drie thema's zijn achtereenvolgens het slibgehalte, de habitatdiversiteit en de ecologische verbindingen. Per thema zijn onderzoeksvragen opgesteld die beantwoord dienen te worden in het eindadvies. In onderstaande tabel 1.1 staan de onderzoeksvragen die in dit rapport van antwoord worden voorzien. Bij deze onderzoeksvragen zijn tevens hypotheses en stellingen geformuleerd op basis van kennis die op dat moment beschikbaar was. Op basis van dit rapport zullen deze hypotheses en stellingen worden herzien en aangepast en/of onderbouwd.

Tabel 1.1: Een overzicht van de onderzoeksvragen, het thema, het nummer en de hypotheses die hiervoor zijn opgesteld
 HD=Habitatdiversiteit, SG=slibgehalte, EV=Ecologische Verbindingen.

Onderzoeksvraag	Thema	Nummer	Hypothese
1 Wat is het ecologisch rendement van de genoemde verbindingen?	EV	V3	
2 Hebben de knelpunten effect op populatieniveau	EV	V3aRH	
3 Wat zijn de ervaringen met andere delen in Nederland/buitenland (afsluitdijk etc)	EV	V3bRH	
4 Wat is ecologisch rendement	EV	V4cRH	
5 Wat is de bijdrage van de ecologische verbindingen aan een veerkrachtig ecologisch systeem?	EV	V4	
6 Wat is ecologisch surplus	EV	V4aRH	
7 Wat zijn de risico's van aanleggen vispassages (exoten)	EV	V4bRH	
8 Wat zijn de toekomstige ontwikkelingen qua milieu (bv klimaat)	EV	V4cRH	
9 Op welke locaties kan de relatie tussen binnen- en buitendijkse manier versterkt worden?	EV	V7	
10 Hoe moeten die ecologische verbindingen tussen binnen- en buitendijks worden ingericht om het ecologisch rendement te verhogen?	EV	V8	
11 Wat is het ecologisch rendement van verbindingen?	EV	V9	
12 Wat is de bijdrage van de verbindingen aan een veerkrachtig ecologisch systeem?	EV	V10	
13 Wat is het ecologisch rendement van een open verbinding tussen IJsselmeer en Markermeer?	EV	V16	
14 Wat is de bijdrage van een open verbinding aan een veerkrachtig ecologisch systeem?	EV	V17	
15 Is een open verbinding effectiever in combinatie met een moerasgebied (versterking lokale stromingspatronen door windgedreven peildynamiek) dan zonder oermoeras?	EV	V18	

1.3 Maatregelen

Er zijn verschillende maatregelen bedacht die ingrijpen op de drie bovengenoemde thema's (BRON Maatregelen). Uit deze opties is een voorlopige selectie gemaakt van maatregelen die de meeste potentie hebben om de ecologische kwaliteit te verbeteren en de slibproblematiek te reduceren. De huidige selectie bestaat uit het realiseren van luwtestructuren bij de Hoornsche Hop en het creëren van een oermoeras bij de Houtribdijk (zie figuur 1.1).



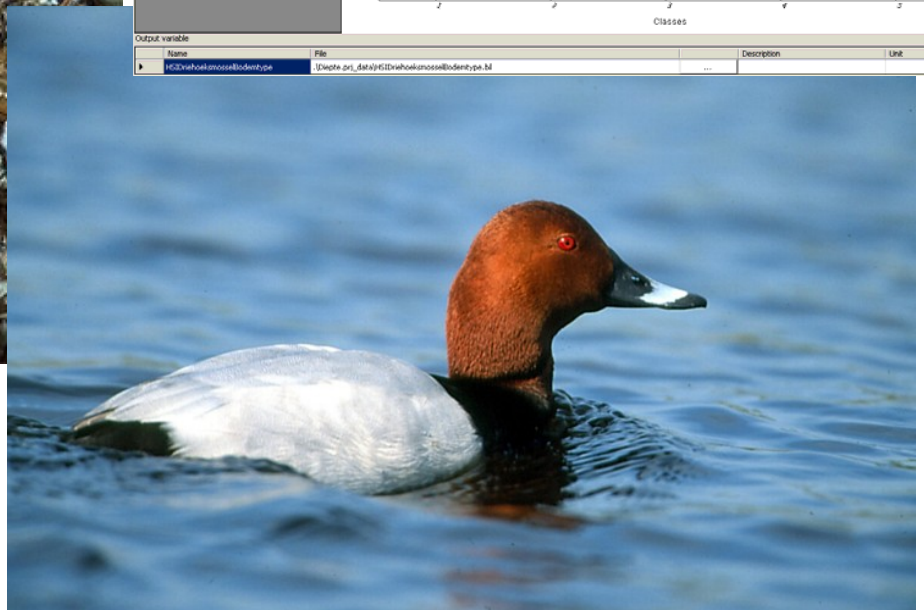
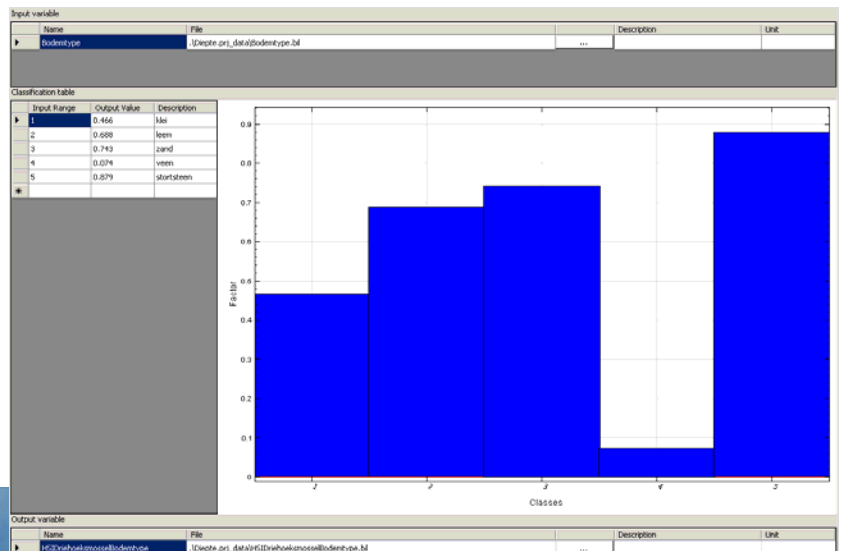
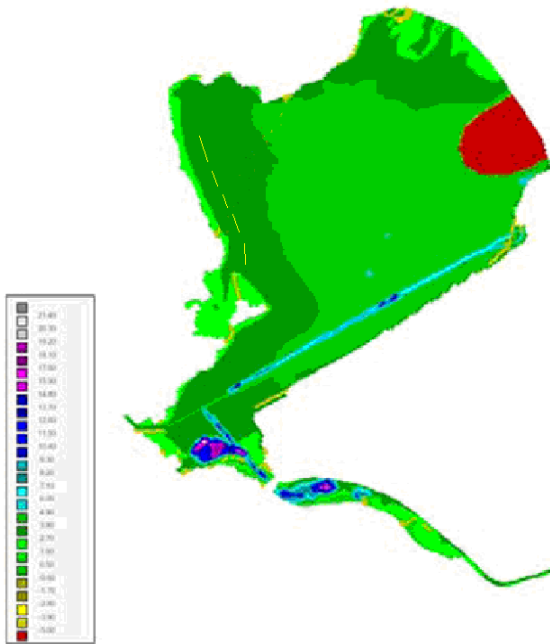
Figuur 1.1: Het Markermeer-IJmeer gebied, met daarin de luwtestructuren (streep) en het oermoeras (rond)

De effecten van deze maatregelen zijn onderzocht aan de hand van verschillende studies. Met behulp van het programma HABITAT is een model gemaakt, specifiek gericht op de ecologische kwaliteit van het Markermeer. Dit model is ingezet om het effect van de beide maatregelen op de habitatgeschiktheid van belangrijke (doel)soorten te analyseren. De uitkomst van het HABITAT model beantwoordt zowel vragen uit het thema habitatdiversiteit als het thema slibgehalte. Daarnaast is een aanvulling gemaakt op de bureaustudie habitatdiversiteit (Herpen et al, 2010) over de potentie en mogelijkheden om deze te verhogen en het systeem robuuster te maken. De uitkomst van deze studies wordt in hoofdstuk 5 van het thema Habitatdiversiteit besproken.

Binnen het thema ecologische verbindingen zijn ook verschillende studies gedaan om de potentie voor verbetering in kaart te brengen. Met behulp van het programma Berkeley-Madonna is een case study model gemaakt dat het effect van een vispassage langs het gemaal de Blocq van Kuffler naar het achterland van Flevoland op de blankvoornpopulatie in het Markermeer bekijkt. Deze case study is uitgevoerd om als voorbeeld te dienen voor het gedrag van vis-populatiodynamica in relatie tot knelpunten (zoals gemalen) in vismigratie. Daarnaast is een uitbreiding gemaakt op de bureaustudie ecologische verbindingen (Herpen van, 2010) met recentere inzichten in het systeem Markermeer.

DEEL I:

HABITATMODELLERING: EFFECTEN VAN MAATREGELEN OP ECOLOGIE



Rechtsboven: spiering, bron: aquakoud.nl
 Linksonder: Driehoeksmosselen, bron: Ron Offermans
 Rechtsonder: Tafeleend, bron: vogeltrackers.nl

2 HABITATMODELLERING: EFFECTEN VAN MAATREGELEN OP ECOLOGIE

Onderzoeksproject

Aangezien het doel van het NMIJ-project is om een wetenschappelijk onderbouwd advies op te stellen over de inrichting van het Markermeer-IJmeer gebied, is een belangrijke taak om de verwachte toekomstige toestand te verkennen aan de hand van literatuur, historische data, onderzoek en monitoring. De onderzoeksvraag die achter het advies ligt is: *'Hoe ziet de toekomstige conditie van het Markermeer-IJmeer er uit en welke maatregelen kunnen dit verbeteren?'* Een handige manier om deze vraag te beantwoorden is met gebruik van computer modellering. Hiermee kunnen oorzaak-effect relaties getest worden die bij mogelijke scenario's horen. Deze scenario's bestaan uit verschillende combinaties van maatregelen. Ondanks het feit dat de daadwerkelijke selectie en uitvoering van maatregelen nog ver vooruit ligt en nog kunnen veranderen, is er een voorlopige selectie gemaakt van twee maatregelen die nu in overweging worden genomen. Deze maatregelen worden hieronder verder besproken. Voor beide maatregelen kan modelleren helpen om te verspellen wat het effect zij hebben op de ecologie in het Markermeer. Het doel van dit onderzoeksonderdeel is om een effectanalyse te maken van de voorgestelde maatregelen binnen het NMIJ project op de ecologische kwaliteit van het gebied. Het probleem dat aangepakt getracht te worden is dat huidige modellen niet voldoende in staat zijn om een geschikte effectanalyse te maken, waardoor er onvoldoende kennis is om de ecologische kwaliteit te voorspellen. De onderzoeksvraag die beantwoord wordt is: *'Wat is het effect van de voorgestelde NMIJ maatregelen op de ecologische kwaliteit van het Markermeer IJmeer, uitgedrukt in habitatgeschiktheid?'* Om deze vraag te beantwoorden, wordt de habitatgeschiktheid van verschillende (doel)soorten geanalyseerd, met behulp van modelleer software, genaamd HABITAT. Habitatgeschiktheid is een term die staat voor de mate waarin een bepaald gebied geschikt habitat vormt voor een soort op een schaal van 0 tot 1. Het doel is om met behulp van de resultaten uit dit onderzoeksonderdeel beslissingen te ondersteunen, voor maatregelen en advies.

De Maatregelen

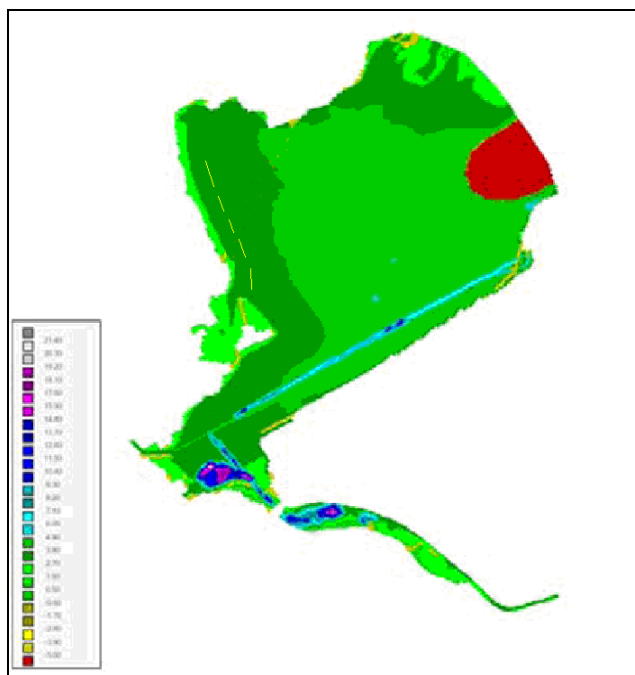
In de initiële fase van het NMIJ-project is een aantal maatregelen voorgesteld. Deze moeten bijdragen aan tenminste één van de drie thema's, slibgehalte, habitatdiversiteit en ecologische verbindingen (Oranjewoud, 2009). De initiële maatregelen staan hieronder weergegeven in tabel 2.1.

Thema	Maatregelen
(Verminderen) Slibgehalte	1. Luwtestructuren
	2. Putten graven
	3. Slib afdekken
(Vergroten) habitatdiversiteit	4. Oermoeras
	5. Vooroevers Lepelaarsplassen
	6. Heldere, ondiepe zone
(Versterken) ecologische verbindingen	7. Ecologische verbindingen

Na een initiële bureaustudie en ervaringen uit het veld met afdekken van slib en graven van putten, lijken twee maatregelen de meeste potentie te hebben: luwtestructuren en het oermoeras. Op basis van deze potentie zijn deze twee maatregelen gekozen om te analyseren in dit onderzoeksproject. In de volgende secties worden deze maatregelen in meer detail besproken.

Luwtestructuren

De functie van de luwtestructuren draagt in de eerste plaats bij aan het verminderen van het slibgehalte in het water. Door de structuren tactisch in de stroomroute van het water te plaatsen, kan het slibtransport in het water worden afgeleid en tegelijkertijd kan de invloed van de golven op het slib worden verminderd. Als gevolg van deze afleiding en afname kan een luwte ontstaan achter de structuren, waar het slib kan bezinken zodat het doorzicht toeneemt. Deze toename voorziet in het lichtklimaat en de waterkwaliteit die nodig is voor vegetatiegroei en de ontwikkeling van het ecosysteem. De luwtestructuren in deze studie bestaan uit lange dammen die net boven het water uitsteken. De verdere detaillering van het ontwerp is nog niet ingevuld, maar wel is bekend dat ze geplaatst zullen worden bij de Hoornsche Hop, waarschijnlijk in een Oost-west oriëntatie. Deze oriëntatie, welke wellicht niet optimaal is, is gekozen na overleg met de omwonenden. De belangrijkste reden voor deze Oost-west oriëntatie is de vaarroute vanuit Hoorn naar het Markermeer die behouden moet blijven.



Figuur 2.1: Een diepte kaart (m) voor het Markermeer-IJmeergebied met de voorlopige posities van de luwtestructuren bij de Hoornsche Hop (stippellijnen aan linkerzijde) en het oermoeras bij de Houtribdijk

Oermoeras

De verwachting is dat het aanleggen van een oermoeras een sterk positief effect zal hebben op de habitatdiversiteit (thema 2). In het rapport van Deltares (2010) is het oermoeras voorlopig gepositioneerd naast de Houtribdijk (zie figuur 2.1) met een oppervlakte van ten minste 4000 ha.

Het belangrijkste onderscheidende aspect van het moeras ten opzichte van vergelijkbare natuurgebieden (bv Oostvaardersplassen) is dat het onderhevig kan zijn aan de dynamiek van het Markermeer. De term 'oer' verwijst naar de niet ontwikkelende staat van successie van het moeras. Dit wordt bepaald door natuurfactoren zoals kruierend ijs, scheefstand en stroming. Gemiddeld zou het moeras uit meer water dan land moeten bestaan, met als belangrijke eigenschap een geleidelijke gradiënt van land naar water. Het definitieve ontwerp is nog niet gereed maar er zijn wel plannen voor een pilot van ongeveer 4-8 ha die hierover informatie moet leveren. Tevens zijn in aanvulling op de pilot andere, vergelijkbare gebieden bestudeerd voor ideeën van het ontwerp (zie figuur 2.2). Het oermoeras zou sleutelpopulaties van verschillende (doel)soorten moeten kunnen herbergen en het moet tevens kunnen dienen als een stapsteen tussen omringende ecosystemen (thema ecologische verbindingen).



Figuur 2.2: Verschillende referenties als voorbeeld voor eigenschappen waaruit het oermoeras zou moeten bestaan

Verwachte veranderingen in toekomst

Naast de genoemde slibproblematiek in het Markermeer zijn er ook andere factoren die een rol kunnen gaan spelen voor de ecologische kwaliteit in de toekomst. De oplossing om een robuust en bestendig systeem te maken ligt in het identificeren en analyseren van toekomstige veranderingen in het meer die druk op het systeem zouden kunnen leggen.

Stijgende temperatuur

Klimaatverandering is een wereldwijd fenomeen dat intens wordt bestudeerd (IPCC, 2007). Het effect van klimaatverandering, vooral een stijgende temperatuur, op meren is ook uitgebreid bestudeerd (Hondzo en Stefan, 1993; Adrian et al., 2009; Quayle et al., 2011). In vergelijking met de temperatuur in Nederland in 1976-2005 geven worst-case-scenario-berekeningen aan dat de temperatuur in 2050 met 2,9 °C zal stijgen en in 2100 met 3,8 °C (KNMI, 2006). Omdat veel soorten gevoelig zijn voor kritieke watertemperaturen, is het belangrijk om een klimaatveranderingsscenario in het model te integreren. De onderzoeksvraag die gesteld wordt in relatie tot stijgende temperatuur is: *'wat is het effect van de verwachte temperatuurstijging op de habitatgeschiktheid voor doelsoorten van het Markermeer-IJmeer?'*. Als vervolgonderzoek is het interessant om te kijken naar het effect van het oermoeras op de habitatgeschiktheid in de toekomst, bij een hogere temperatuur. De toegevoegde waarde van een oermoeras zou namelijk kunnen vervagen bij klimaatverandering. Een tweede onderzoeksvraag die gesteld wordt in relatie tot stijgende temperatuur is dan ook: *'Wat is het effect van een oermoeras op de habitatgeschiktheid van (doel)soorten in het Markermeer-IJmeer in de toekomst, bij inachtneming van een hogere temperatuur?'*

Om de genoemde onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden wordt het modelleerprogramma HABITAT ingezet voor de benodigde analyse. In hoofdstuk 3 wordt HABITAT verder toegelicht en wordt beschreven hoe deze studie is uitgevoerd.

Producten

De intentie van dit onderzoeksproject is om bovenstaand onderzoek uit te voeren en uiteindelijk om te zetten in een onderbouwd advies. In het eindrapport van het NMIJ-project zullen alle bevindingen over de ecologische kwaliteit van het Markermeer worden gepresenteerd, inclusief de output van dit rapport. In het kader van een nuttig advies worden ook de kosten van de maatregelen betrokken in de analyse. Op deze manier ontstaat een rapport met een kosten-baten plaatje voor de verschillende opties aan te ondernemen maatregelen.

3 MATERIAAL EN METHODEN

Dit hoofdstuk beschrijft de materialen en methoden die binnen dit onderzoeksproject zijn toegepast. Als eerste legt dit hoofdstuk uit hoe het programma HABITAT werkt. Vervolgens legt het hoofdstuk stap voor stap het model, de input, de verwerking van de output en de analyse uitgelegd.

3.1 HABITAT

HABITAT is een GIS-gebaseerd modelleer programma (draaiend op PCraster, zie pcraster.geo.uu.nl) dat is ontworpen door WL Delft Hydraulics in samenwerking met Deltares, speciaal om ecologische effectstudies uit te voeren. HABITAT is een ruimtelijk, statisch model. Dat houdt in dat het simulaties ruimtelijk kan berekenen (in dit geval voor het gehele Markermeer-IJmeer gebied) maar niet in meerdere tijdstappen. Als gevolg van deze karakteristieken is HABITAT relatief eenvoudig en snel te gebruiken maar zijn de mogelijkheden beperkt. Predator-prooi interacties of andere popladiodynamica kunnen bijvoorbeeld niet worden gesimuleerd. Desalniettemin faciliteert HABITAT het nauwkeurig beantwoorden van meerdere onderzoeksvragen op een efficiënte manier. Dit komt vooral doordat HABITAT een eigen online platform heeft (HABITAT-Wiki) waar gebruikers hun kennis en modellen kunnen delen.

HABITAT werkt in met drie onderdelen: input, verwerking en output. Voor de eerste stap heeft HABITAT input kaarten nodig, die met GIS software gemaakt kan worden. De input van slibinformatie komt voort uit een speciaal ontwikkeld slib3d-model van Deltares (Kessel et al., 2009; Vijverberg en Boderie, 2008). Dit model berekent aan de hand van wind, diepte, stroming enzovoorts de slibverdeling in het gehele waterlichaam. Voor de andere input kaarten, zoals chlorofyl-, temperatuur- en nutriënteninformatie, is gebruik gemaakt van monitoring data uit verschillende databanken en meetnetten (zie sectie 3.2).

De omzetting van de input kaarten in HABITAT wordt bepaald door oorzaak-effect relaties. Deze oorzaak-effect relaties of modellen zijn opgesteld op basis van literatuur en onderzoek en beschrijven wat voor invloed een input parameter heeft op de habitatgeschiktheid van een soort. De oorzaak-effect relaties kunnen functies, reclassificatietabellen of statistische analyses zijn.

Tot slot worden de output kaarten gecreëerd door het model te laten runnen.

Habitatgeschiktheid

Zoals hierboven is uitgelegd drukt HABITAT de geschiktheid van een bepaald gebied uit op een schaal van 0 tot 1. Binnen deze schaal wordt vervolgens een drempelwaarde bepaald om verschillende categorieën te verkrijgen (Deltares, 2009). De drempelwaarde is door Deltares op 0.7 vastgesteld en vormt de categorieën 'ongeschikt' (0 – 0.7) en 'geschikt' (0.7 – 1). Door deze drempelwaarde toe te passen kunnen geschikte arealen gekwantificeerd en vergeleken worden (zie 'output analyseren'). Om te testen hoe bepalend deze drempelwaarde is wordt ook nog een verklarendheidsanalyse uitgevoerd, waarin de drempelwaarde lager (0.5) en hoger (0.8) wordt gemaakt (zie discussie).

3.2 Selectie van groepen en soorten

De analyse van habitatgeschiktheid is vooral belangrijk voor de soorten die in natuurdoelen en wetgeving zijn opgenomen. Aan de andere kant wordt de selectie van de soorten beperkt door de beschikbaarheid van kennis en oorzaak-effect relaties. Met deze twee factoren in gedachten, is een keuze gemaakt van specifieke soorten en soortgroepen die het meest interessant zijn om te modelleren. Deze worden hieronder kort beschreven. Een compleet overzicht van de oorzaak-effect relaties in het model staat in bijlage 5.

Fytoplankton

Naast slib kan ook fytoplankton een drastische afname in doorzicht veroorzaken tijdens bloeiperiodes. Aangezien doorzicht een primair probleem is in het Markermeer is het interessant om te kijken naar het potentieel voor algenbloei. Oorzaak-effect relaties zijn opgesteld aan de hand van de KRW-Verkenner voor M21-waterlichamen (Portielje, 2005) en worden vooral bepaald door het chlorofylgehalte en het lichtklimaat. De output is een EKR-waarde die verschillend is t.o.v. de overige groepen. Dit komt omdat de algenbloei als negatief wordt gezien; een lage waarde duidt op een grote algenbloei en vice versa.

Macrofyten

Macrofyten zijn in het model opgenomen als een groep. De oorzaak-effect relatie voor macrofyten komt ook voort uit de KRW-verkenner en slaat op de waterplanten onder het winterpeil. De geschiktheid wordt vooral bepaald door doorzicht en diepte. Macrofyten zijn een belangrijke groep om op te nemen in het model omdat ze een belangrijke schakel zijn in de keten van het ecologische systeem door het vormen van habitats, voedsel, bescherming etcetera voor andere groepen en soorten. De KRW beoordeling gebeurt onder meer op basis van waterflora.

Oevervegetatie

De KRW-verkenner omschrijft het areaal oevervegetatie als het deel emerse oevervegetatie tussen het hoog- en laagwaterpeil. Oevervegetatie is opgenomen in het model omdat verwacht wordt dat deze groep enorm toe kan nemen als gevolg van de maatregelen. Oevervegetatie groeit alleen onder specifiek waterpeil en peilfluctuaties en voorziet in voedsel, rust- en broedhabitat voor veel vogelsoorten. Oevervegetatie wordt vooral bepaald door diepte, strijklengte en peilfluctuatie.

Fonteinkruid

Omdat fonteinkruid (*Potamogeton spp.*) op dit moment een van de dominante macrofytensoorten is in het Markermeer wordt hier apart naar gekeken. De verandering in potentieel geschikt areaal voor fonteinkruid is belangrijk voor de vegetatiebedekking en zou vanwege de relatief hoge abundantie van fonteinkruid meer accurate berekeningen kunnen opleveren dan de groep 'macrofyten'.

Kranswieren

Kranswieren (*Characeae spp.*) is naast fonteinkruid niet alleen een van de dominant macrofytensoorten in het Markermeer, het is ook een habitatype binnen de Natura2000 doelen (bijlage 4). Daarom is de groep kranswieren apart opgenomen in het model. De oorzaak-effect relaties zijn op vergelijkbare manier opgebouwd als die van fonteinkruid.

Driehoeksmossel

De driehoeksmossel is een sleutelsoort in de ecologie van het Markermeer. De driehoeksmossel voedt zichzelf als filter feeder en wordt gegeten door vis en vogels. De soort komt veel voor in het meer hoewel de totale biomassa en de conditie afneemt (Noordhuis, 2010).

Vooraf het effect van de voorgestelde maatregelen op het slibgehalte in het Markermeer zou een grote invloed kunnen hebben op de driehoeksmossel. De oorzaak-effect relaties van de driehoeksmossel zijn uitgebreid bestudeerd en de habitatgeschiktheid wordt bepaald door veel factoren, zoals slibgehalte, diepte en temperatuur.

Quaggamossel (ongevalideerd)

De quaggamossel is een invasieve soort die veel lijkt op de driehoeksmossel en met toenemende mate in de Nederlandse wateren wordt waargenomen (Vaate bij de, 2008). In verschillende studies is aangetoond dat de quaggamossel beter bestand is tegen bepaalde stressfactoren, zoals temperatuur, dan andere soorten zoals de driehoeksmossel (Carton en Johnson, 2000; Baldwin et al., 2002). De oorzaak-effect relaties van de quaggamossel zijn niet gevalideerd maar zijn gebaseerd op de oorzaak-effect relaties van de driehoeksmossel zodat de habitatgeschiktheid voor beide soorten met elkaar vergeleken kunnen worden. De oorzaak-effect relaties zijn bijgesteld op basis van informatie uit de literatuur.

Spiering

Voor vissen zijn weinig oorzaak-effect relaties bekend die nuttig zijn in het kader van het NMIJ-project. De oorzaak-effect relaties voor vis in het algemeen zijn niet gevalideerd, waardoor gekozen is om deze niet te integreren in het model. Voor spiering is wel genoeg informatie beschikbaar en de oorzaak-effect relaties worden met name bepaald door temperatuur en doorzicht. De spiering populatie in het Markermeer is de laatste jaren afgenomen en omdat een van de doelen binnen het NMIJ-project is om de visstand in het Markermeer robuuster te maken, is spiering opgenomen in het model.

Rivierdonderpad

Een tweede vissoort die is opgenomen in het model is de rivierdonderpad (*Cottus perifretum*). Deze vissoort staat ook op de soortenlijst van de Natura2000 doelen voor het Markermeer. De rivierdonderpad is gevoelig voor temperatuurschommelingen en de populatie in het Markermeer zou beïnvloed kunnen worden door klimaatverandering in de toekomst. De oorzaak-effect relaties voor de rivierdonderpad zijn geschreven door Witteveen en Bos (1993) en hangen vooral af van temperatuur, macrofyten en diepte.

Vogels

Het ecosysteem Markermeer kent een grote diversiteit aan vogels en veel soorten staan op de doelsoortenlijst van Natura2000 (Bijlage 4). De vogels zijn in het model ondergebracht in drie categorieën, namelijk plantetende vogels, bodemfauna-etende vogels en visetende vogels. De reden om de groep 'vogels' te splitsen is omdat de habitatgeschiktheid voor deze groepen door andere factoren wordt bepaald. De oorzaak-effect relaties voor vogels zijn geschreven door Haasnoot en Wolfshaar (2006).

Plantetende vogels

Plantetende vogels zijn met name afhankelijk van de aanwezigheid van macrofyten in het Markermeer, welke in het model wordt berekend onder de output van de groep 'macrofyten'. De habitatgeschiktheid hangt dus vooral af van diepte en macrofyten abundantie.

Bodemfauna-etende vogels

Onder bodemfauna-etende vogels vallen soorten als waders, steltlopers, de scholekster (*Haematopus ostralegus*), de bergeend (*Tadorna tadorna*) en de grutto (*Limosa limosa*). Omdat de belangrijkste bodemfauna die gegeten wordt in het Markermeer bestaat uit weekdieren, wordt de oorzaak-effect relatie van bodemfauna-etende vogels vooral bepaald door de habitatgeschiktheid van de driehoeksmossel en de quaggamossel. De output is echter geen HSI ratio tussen 0 en 1 maar een geschikt areaal per klasse, opgedeeld in diepteklassen.

Visetende vogels

Tot visetende vogels behoren soorten zoals de aalscholver (*Phalacrocorax carbo*) en de middelste zaagbek (*Mergus serrator*). De belangrijkste input voor de oorzaak-effect relaties zijn diepte en doorzicht. Opvallend genoeg hangt de habitatgeschiktheid niet af van de aanwezigheid van vis. Hier is voor gekozen omdat er niet genoeg informatie voor het model beschikbaar is over visabundantie.

De fuut

Omdat de oorzaak-effect relaties van de visetende vogels vrij algemeen zijn, is het interessant om deze output te vergelijken met een visetende vogelsoort waarvan meer specifieke oorzaak-effect relaties bekend zijn. De fuut (*Podiceps cristatus*) is daarom opgenomen in het model, op basis van oorzaak-effect relaties van Duel en Specken (1994). Het wordt door dezelfde input bepaald als de groep 'visetende vogels' en is daarom geschikt om te vergelijken.

Maatregelen en scenario's

Zoals besproken in de introductie van dit onderzoeksproject, zijn er twee typen maatregelen die zullen worden geanalyseerd: 'luwtestructuren' en 'oermoeras'. Het effect van stijging in watertemperatuur zal ook worden vergeleken met andere scenario's, om de bijdrage van de maatregelen in te kunnen schatten in de toekomst. In totaal zijn er 6 scenario's opgesteld. Het 0-scenario dient als referentie van de huidige situatie, zonder temperatuurstijging of maatregelen.

Data verzamelen

Voor het maken van de input kaarten zijn meetgegevens uit het veld gebruikt. Deze monitoring data zijn beschikbaar gesteld vanuit verschillende Nederlandse databases (DONAR, HHNK-gegevens, Limnodata). De parameters die gebruikt zijn voor het maken van input-kaarten zijn zomergemiddelde temperatuur, maximale temperatuur, zuurstofconcentratie, zuurstofgehalte, zomergemiddeld chlorofyl-a-gehalte, totaal-P, en totaal-N. In de bijlage 2 staat een overzicht van de herkomst en achtergrond van de gebruikte data. De exacte coördinaten van de meetpunten verschilden in enkele gevallen over tijd. Deze zijn gemiddeld en kunnen dus een lichte afwijking vertonen van het werkelijke meetpunt. Een tijdsspanne van 10 jaar is gehanteerd als datarange die de

huidige situatie representeert. Omdat voor sommige parameters meetpunten voor bepaalde jaren ontbreken zijn de waardes gemiddeld.

Data middelen

Omdat er gaten zitten in de beschikbare data moet bij het middelen van waardes rekening worden gehouden met jaarfluctuaties. Bijvoorbeeld temperatuur varieert binnen een jaar, dus het middelen van waardes is gewogen per maand om seizoensvariatie mee te wegen. In deze gevallen zijn de seizoenen dus eerst gemiddeld en daarna pas de jaarwaardes.

Scenario's

Om het effect van de twee maatregelen en de klimaatverandering te kunnen analyseren, is een selectie van scenario's opgesteld die een nuttige range aan informatie oplevert. In totaal zijn 7 scenario's geselecteerd, welke in tabel 3.1 weergegeven zijn.

Tabel 3.1: Een overzicht van de verschillende scenario's die berekend zijn (Zwarte blokjes geven aan dat een eigenschap toegepast wordt in het scenario.)							
	0	1	2	3	4	5	6
Oermoeras							
Luwtestructuren							
Temperatuur							

Creëren van input

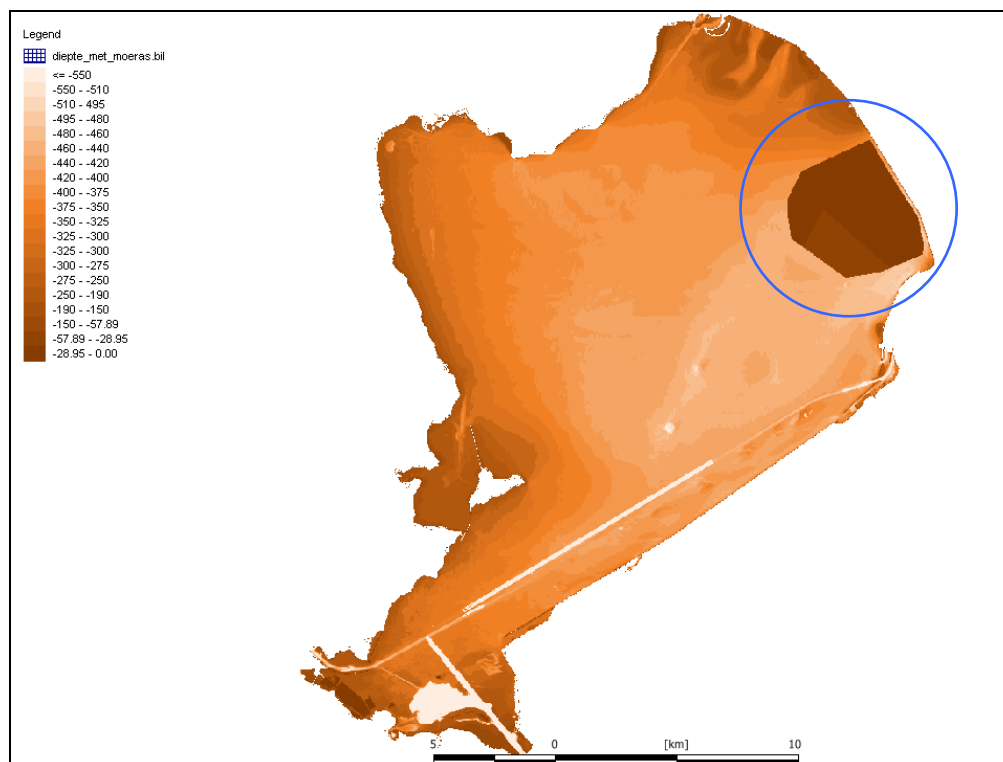
Om de beschikbare data compatibel te maken met HABITAT moet een conversie worden toegepast van zogenaamde puntdata naar ruimtelijke data. Met behulp van GIS kunnen de coördinaten worden ingeladen en ruimtelijk worden weergegeven. Het maken van vlakdekkende gegevens is gedaan door middel van interpolatie tussen de meetpunten. De toegepaste interpolatietechniek is de 'Inverse Distance Weighted'. Hiervoor is gekozen omdat deze techniek bij extrapolatie rekening houdt met de grenzen van het meer (voor meer informatie http://www.ems-i.com/sms/help/SMS-Help.htm#Data_Module/Interpolation/Inverse_Distance_Weighted.htm).

Voor de input kaarten van de slibgehalten in het meer is het slib3d model gebruikt van Deltares, om de verspreiding van slib te simuleren. Deze kaarten zijn gemaakt in het kader van de eerder uitgevoerde TBES studie (TBES, 2009) en bevatten ook het oermoeras en de luwtestructuren. Een nadeel is echter dat er geen slibkaarten beschikbaar zijn met alleen afzonderlijke maatregelen. Om het effect van losse maatregelen toch te kunnen berekenen zijn de scenario-0 kaart en de alle-maatregelen kaart gecombineerd. Deltares geeft aan op basis van de TBES studie dat de maatregelen alleen lokaal effect hebben dus kunnen per maatregel uitsneden gemaakt worden om kaarten te creëren die het effect van individuele maatregelen kunnen weergeven.

In de TBES studie is de dieptekaart echter onveranderd gebleven in alle scenario's, inclusief het oermoeras. Voor dit onderzoeksproject is het noodzakelijk om een veranderde dieptekaart te maken voor het oermoeras, omdat meerdere oorzaak-effect relaties hiervan afhankelijk zijn. Deze dieptekaart is met behulp van ArcGIS gecreëerd.

Dit is gedaan op basis van de functie-eisen van het oermeeras (bron werkdocument R. Buskens), waarin de minimale oppervlaktes per dieptezone staan weergegeven (tabel 3.1). De exacte positie van het oermeeras ligt nog niet vast, dus deze is hier bepaald op basis van expert judgement en de positie in de overige TBES-kaarten (zie figuur 3.2).

Tabel 3.1: Achtergrondinformatie van het diepteprofiel van het oermeeras, gebaseerd op Buskens, 2011		
Dieptezone	Oppervlakte	Diepte
Droog	400	20
Plas-dras	2600	-20
Ondiep	800	-50
Diep	200	-450



Figuur 3.2: Een dieptekaart van het Markermeer-IJmeer, met het oermeeras op de meest waarschijnlijke plek (aangeduid met blauwe cirkel)

Temperatuur Input

Zoals in de introductie is aangegeven, wordt een temperatuurstijging van 3,8 °C verwacht in 2050 (KNMI, 2006). Deze temperatuurstijging zal ook een invloed hebben op de watertemperatuur. Echter, vanwege de verschillende chemische eigenschappen in vergelijking met lucht, is deze relatie niet 1 op 1. Om het effect van temperatuurstijging op de watertemperatuur te kunnen berekenen, zijn metingen van recente hittegolven gebruikt als indicator. In de Nederlandse databank voor historische temperatuurinformatie (KNMI, 2011), worden temperatuurmetingen bijgehouden. Deze metingen hebben de temperaturen tijdens de hittegolven van de afgelopen 10 jaar vastgelegd. Tegelijkertijd is de waterkwaliteit gemeten in het Markermeer.

Door deze data met elkaar te vergelijken is een relatieve stijging van de watertemperatuur ten opzichte van de luchttemperatuur berekend. Deze relatie is gebruikt om de watertemperatuurstijging te berekenen in het door KNMI beschreven worst case scenario voor 2050 (KNMI, 2006). De temperatuur inputkaart voor het klimaatveranderingsscenario is daarmee uiteindelijk met 1,85 °C gestegen.

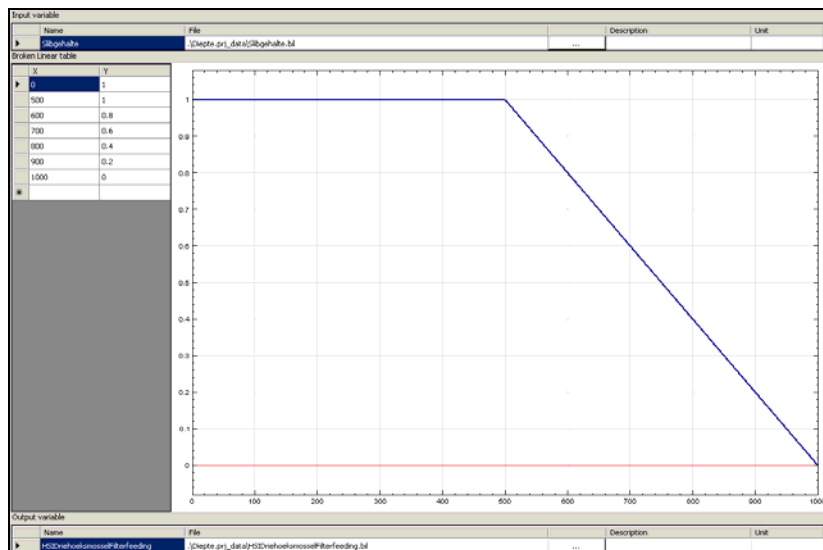
De overige parameters zijn in alle scenario's gelijk. Het is aannemelijk dat de beoogde maatregelen ook effect hebben op parameters zoals bodemtype. Echter, aangezien er geen duidelijk beeld of manier van berekenen is van hoe deze parameters zullen veranderen is er besloten om deze kaarten onveranderd te laten.

Het gebruik van HABITAT

In de bovenstaande alinea's is uitgelegd hoe de HABITAT input verkregen is. De volgende stap in het HABITAT programma is de conversie van de input naar habitatgeschiktheid. De oorzaak-effect relaties die ten grondslag liggen aan de conversiestap in het hier gebruikte model zijn allemaal gevonden op de HABITAT-wiki (<http://public.deltares.nl/display/HBTDB/Home>). In bijlage 5 kan het complete model met alle input en conversies worden gevonden. HABITAT kent verschillende modules om input te converteren. De modules zijn 1) Broken Linear Reclassification, 2) Table Reclassification, 3) Formula-based Calculation en 4) Spatial Statistics. In de volgende alinea's zal elke module besproken worden.

Broken Linear Reclassification

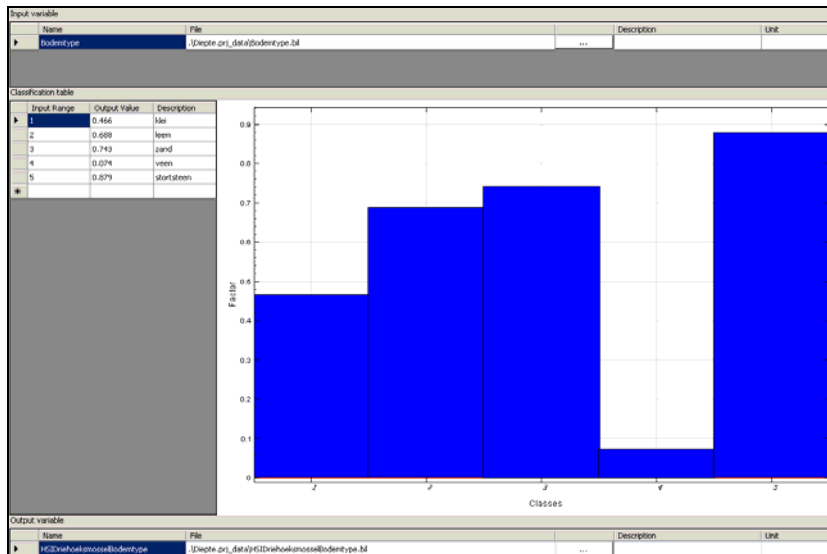
Deze conversiemethode bepaalt de habitatgeschiktheid op basis van een zelf in te voeren grafiek (zie figuur 3.3)



Figuur 3.3: De conversiemethode Broken Linear Reclassification, hier gebruikt voor slijbgehalte bij driehoeksmossel

Table Reclassification

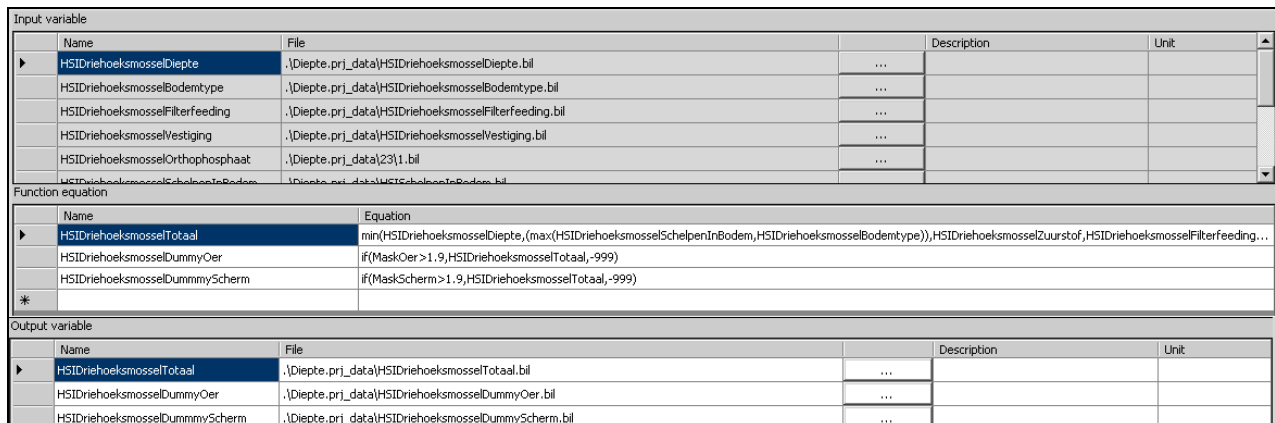
Deze conversiemethode bepaalt de habitatgeschiktheid op basis van een tabel. Hiermee kunnen klassen of groepen worden ingevoerd (zie figuur 3.4).



Figuur 3.4: De conversiemethode Table Reclassification, hier gebruikt voor bodemtype bij driehoeksmosel

Formula-based Calculation

Deze conversiemethode bepaalt de habitatgeschiktheid op basis van een formule. Deze wordt in het model het meeste toegepast en kan alle functies berekenen die in PCRaster mogelijk zijn (voor een functie-overzicht zie pccraster.geo.uu.nl).



Figuur 3.5: de conversiemethode Formula-based Calculation, hier gebruikt voor de eindberekening habitatgeschiktheid bij Driehoeksmosel

Spatial Statistics

Deze conversiemethode berekent statistieken van verkregen kaarten van habitatgeschiktheid. Deze functie is in dit onderzoeksproject ingezet om de grootte van de arealen te berekenen en de statistiek te berekenen.

Map subject							
Name	File	Description	Unit	Value	Description		
HSDriehoeksmossselTotaal	..\\Diepte.prj_data\\HSDriehoeksmossselTotaal.bil	...		[0,0,7>	Ongeschikt		
				[0,7,1,0]	Zeer Geschikt		
				*			
Calculated figures							
HSDriehoeksmossselTotaal	area	sum	min	max	avg	sd	med
[0,0,7>	6.55004e+008	52061.3	0	0.166667	0.00794825	7.52203	0
[0,7,1]	0						

Figuur 3.6: De conversiemethode Spatial Statistics, hier gebruikt bij berekening van statistiek en het geschikt areaal (drempelwaarde 0.7) voor Driehoeksmosssel

Verifiëren van output

Ter controle van de uitkomsten van de berekeningen wordt een vergelijking uitgevoerd met de TBES studie. Hierin komen deels dezelfde aspecten voor. In principe zou de output van een groep die zowel in de TBES studie als in deze studie is geanalyseerd een vergelijkbare toe- of afname moeten tonen. Deze vergelijking fungeert als indicatie van de effectiviteit van het model. Daarnaast wordt, zoals al eerder aangegeven, een verklarendheidsanalyse uitgevoerd. Wanneer het aanpassen van de drempel waarde een drastisch effect heeft op het areaal aan geschikt habitat, is dit een indicatie dat de drempelwaarde meer bepalend is dan de rekenregels en input. Op deze manier kan worden geanalyseerd waar de drijvende factoren achter de output zitten.

Analyseren van output

Na het converteren van de inputkaarten en het berekenen van de oppervlaktes van geschikte arealen voor alle soorten en groepen, kan de output worden geanalyseerd. Dit wordt gedaan met behulp van Excel. De oppervlaktes in arealen worden naast elkaar uitgezet en per scenario wordt het percentuele verschil met de huidige situatie (scenario 0) berekend. Vervolgens worden de kosten per scenario berekend op basis van de verwachte kosten per maatregel. Daarmee wordt een kosten-batenoverzicht gemaakt ter ondersteuning van het te geven advies.

4 RESULTATEN

In deze sectie worden de resultaten van het modelleren gepresenteerd. Per scenario zullen de resultaten worden getoond in tabellen. Deze tabellen bevatten de oppervlaktes aan geschikt areaal en de toename in oppervlakte in vergelijking met scenario 0. Voor de weergave van deze resultaten zijn ranges geselecteerd. Met een marge van plus en min 5 procent is geen verandering weergegeven in het lichtgeel. Deze marge is bedoeld als onzekerheidsbuffer: binnen deze marge wordt het verschil als niet significant beschouwd. Alle toenames groter dan 5 procent zijn groen, de afnamen kleiner dan -5 procent zijn oranje en alle groepen die volledig verdwijnen (-100%) zijn rood weergegeven. Vervolgens worden ook de vergelijkingen van de verschillende scenario's getoond in deze sectie en tot slot worden de resultaten van een verklarende analyse getoond, die uitgevoerd is om de invloed van de drempelwaarde te onderzoeken.

Scenario 0

Zoals beschreven in de materiaal en methoden sectie toont scenario 0 de huidige situatie zonder maatregelen of temperatuursverhoging. Tabel 4.1 toont de oppervlaktes van geschikte arealen (drempelwaarde = 0,7; voor Fytoplankton is de drempelwaarde EKR-bepaald op 0,6).

Tabel 4.1: De geschikte oppervlakte in ha per categorie van scenario 0	
Groep	Geschikt areaal
Fytoplankton	4,30E+02
Macrofyten	4,31E+03
Oevervegetatie	0,82E+01
Kranswieren	8,31E+03
Fonteinkruid	0,19E+01
Driehoeksmossel	1,48E+02
Quaggamossel	1,48E+02
Spiering	5,58E+04
Rivierdonderpad	0,00E+00
Plantetende vogels	2,89E+03
Bodemfauna-etende vogels, klasse duikeenden	1,48E+02
Visetende vogels	5,35E+04
Fuut	2,97E+04

Uit bovenstaande tabel is op te maken dat volgens het HABITAT model de fytoplanktonpopulatie zich niet ontwikkelt. Van de bodemfauna-etende vogels heeft alleen de klasse duikeenden geschikt areaal. Dit geldt voor alle scenario's, daarom wordt vanaf hier met 'bodemfauna-etende vogels' alleen deze klasse bedoeld. De overige groepen hebben geschikte arealen in orde grootte variërend van enkele tot honderden vierkante kilometers.

Scenario 1

Scenario 1 bestaat uit het volledige pakket aan maatregelen, bij de huidige temperatuur. Tabel 4.2 toont de oppervlaktes van geschikte arealen (drempelwaarde = 0,7) en de vergelijking met scenario 0.

Tabel 4.2: Een overzicht van de veranderingen ten opzichte van scenario 0

Groen is een positief verschil groter dan 5, lichtgeel ligt tussen -5 en 5, oranje tussen 5 en -99 en rood is volledige afname: -100. Het percentuele verschil staat weergegeven.

Groep	Geschikt areaal in ha	Vershil met scenario 0
Fytoplankton	4,30E+02	0
Macrofyten	4,26E+03	0
Oevervegetatie	0,82E+01	0
Kranswieren	1,59E+04	92
Fonteinkruid	2,38E+04	27
Driehoeksmossel	1,48E+02	0
Quaggamossel	1,48E+02	0
Spiering	4,21E+04	-25
Rivierdonderpad	0,00E+00	0
Plantetende vogels	2,91E+03	1
Bodemfauna-etende vogels	1,48E+02	-0
Visetende vogels	6,38E+04	19
Fuut	5,06E+04	70

In dit scenario gaan de meeste groepen in oppervlakte geschikt areaal vooruit (4 in totaal), en een groep gaat achteruit. Dit is het directe gevolg van de omvang van het oermoeras, dat een deel van het open water van het meer wegneemt.

Scenario 2

Scenario 2 bestaat uit alleen de toevoeging van het oermoeras aan de huidige situatie (scenario 0). Tabel 4.3 toont de oppervlakttes in geschikte arealen (drempelwaarde = 0.7) en de vergelijking met scenario 0.

Tabel 4.3: een overzicht van de veranderingen ten opzichte van scenario 0

Groen is een positief verschil groter dan 5, lichtgeel ligt tussen -5 en 5, oranje tussen 5 en -99 en rood is volledige afname: -100. Het percentuele verschil staat weergegeven.

Groep	Geschikt areaal in ha	Vershil met scenario 0
Fytoplankton	4,30E+02	0
Macrofyten	4,14E+03	-4
Oevervegetatie	0,31E+01	-62
Kranswieren	9,05E+03	9
Fonteinkruid	1,86E+04	0
Driehoeksmossel	1,48E+02	0
Quaggamossel	1,48E+02	0
Spiering	5,16E+04	-8
Rivierdonderpad	0,00E+00	0
Plantetende vogels	1,48E+02	-1
Bodemfauna-etende vogels	2,85E+03	-0
Visetende vogels	4,49E+04	-8
Fuut	2,84E+04	-4

In dit scenario gaan de meeste groepen in oppervlakte geschikt areaal achteruit (3 in totaal) en slechts een vooruit.

Scenario 3

In dit scenario wordt alleen de maatregel luwtestructuren toegepast op de huidige referentiesituatie (scenario 0). De temperatuur blijft onveranderd. Tabel 4.4 toont de oppervlaktes in geschikte arealen (drempelwaarde = 0.7) en de vergelijking met scenario 0.

Tabel 4.4: Een overzicht van de veranderingen ten opzichte van scenario 0		
Groen is een positief verschil groter dan 5, lichtgeel ligt tussen -5 en 5, oranje tussen 5 en -99 en rood is volledige afname: -100. Het percentuele verschil staat weergegeven.		
Groep	Geschikt areaal in ha	Verskil met scenario 0
Fytoplankton	4,30E+02	0
Macrofyten	3,90E+03	-9
Oevervegetatie	0,31E+01	-62
Kranswieren	1,06E+04	27
Fonteinkruid	2,06E+04	11
Driehoeksmossel	1,48E+02	0
Quaggamossel	1,48E+02	0
Spiering	5,38E+04	-4
Rivierdonderpad	0,00E+00	0
Plantetende vogels	2,85E+03	-1
Bodemfauna-etende vogels	1,48E+04	0
Visetende vogels	5,48E+04	2
Fuut	3,28E+04	10

3 van de 13 groepen gaan door de maatregel luwtestructuur vooruit in oppervlakte geschikt areaal en 2 gaan erop achteruit.

Scenario 4

In scenario 4 is een temperatuur stijging gesimuleerd, samen met het complete pakket aan maatregelen. Tabel 4.5 toont de oppervlaktes in geschikte arealen (drempelwaarde = 0.7) en de vergelijking met scenario 0.

Tabel 4.5: Een overzicht van de veranderingen ten opzichte van scenario 0

Groen is een positief verschil groter dan 5, lichtgeel ligt tussen -5 en 5, oranje tussen 5 en -99 en rood is volledige afname: -100. Het percentuele verschil staat weergegeven.

Groep	Geschikt areaal in ha	Vershil met scenario 0
Fytoplankton	4,30E+02	0
Macrofyten	4,26E+03	0
Oevervegetatie	0,82E+01	0
Kranswieren	1,59E+04	92
Fonteinkruid	2,38E+04	27
Driehoeksmossel	0,00E+00	-100
Quaggamossel	0,00E+00	-100
Spiering	3,93E+04	-30
Rivierdonderpad	0,00E+00	-100
Plantetende vogels	2,91E+03	1
Bodemfauna-etende vogels	0,00E+00	-100
Visetende vogels	6,38E+04	19
Fuut	5,06E+04	70

In dit scenario gaan 4 van de 13 groepen erop vooruit in oppervlakte geschikt areaal. 1 groep gaat erop achteruit, en 4 groepen verdwijnen volledig. Dit zijn de groepen waar de parameter temperatuur in de modellen zit en een groep, bodemfauna-etende vogels die sterk wordt beïnvloedt door een van de andere groepen.

Scenario 5

In dit scenario is een hoge temperatuur gesimuleerd in combinatie met de maatregel oermoeras. Tabel 4.6 toont de oppervlaktes in geschikte arealen (drempelwaarde = 0.7) en de vergelijking met scenario 0.

Tabel 4.6: Een overzicht van de veranderingen ten opzichte van scenario 0

Groen is een positief verschil groter dan 5, lichtgeel ligt tussen -5 en 5, oranje tussen 5 en -99 en rood is volledige afname: -100. Het percentuele verschil staat weergegeven.

Groep	Geschikt areaal in ha	Vershil met scenario 0
Fytoplankton	4,30E+02	0
Macrofyten	4,13E+03	-4
Oevervegetatie	0,31E+01	-62
Kranswieren	9,05E+03	9
Fonteinkruid	1,86E+04	0
Driehoeksmossel	0,00E+00	-100
Quaggamossel	0,00E+00	-100
Spiering	4,89E+04	-12
Rivierdonderpad	0,00E+00	-100
Plantetende vogels	2,85E+03	-1
Bodemfauna-etende vogels	7,29E+03	-100
Visetende vogels	4,94E+04	-8
Fuut	2,84E+04	-4

Bovenstaande tabel toont dat 3 van de 13 groepen in dit scenario minder geschikt areaal hebben in vergelijking met scenario 0. 1 groep gaat er in oppervlakte geschikt areaal op vooruit en 4 groepen verdwijnen volledig.

Scenario 6

In dit scenario is een hoge temperatuur gesimuleerd in combinatie met de maatregel luwtestructuren. Tabel 4.7 toont de oppervlaktes in geschikte arealen (drempelwaarde = 0.7) en de vergelijking met scenario 0.

Tabel 4.7: Een overzicht van de veranderingen ten opzichte van scenario 0		
Groen is een positief verschil groter dan 5, lichtgeel ligt tussen -5 en 5, oranje tussen 5 en -99 en rood is volledige afname: -100. Het percentuele verschil staat weergegeven.		
Groep	Geschikt areaal in ha	Vershil met scenario 0
Fytoplankton	4,30E+02	0
Macrofyten	3,90E+03	-9
Oevervegetatie	0,31E+01	-62
Kranswieren	1,06E+04	27
Fonteinkruid	2,06E+04	11
Driehoeksmossel	0,00E+00	-100
Quaggamossel	0,00E+00	-100
Spiering	5,11E+04	-8
Rivierdonderpad	0,00E+00	-100
Plantetende vogels	2,85E+03	-1
Bodemfauna-etende vogels	0,00E+00	-100
Visetende vogels	5,48E+04	2
Fuut	3,28E+04	10

In scenario 6 zijn 3 groepen vooruit gegaan in oppervlakte geschikt areaal. 3 groepen gaan achteruit, en 4 groepen verdwijnen volledig.

Overzicht van scenario's

Om de resultaten goed te kunnen vergelijken staan deze hieronder in een tabel weergegeven (tabel 4.8). De getallen in de gekleurde vlakken geven het percentuele verschil aan ten opzichte van scenario 0.

Tabel 4.8: Een overzicht van de veranderingen per scenario ten opzichte van scenario 0

Groen is een positief verschil groter dan 5, lichtgeel ligt tussen -5 en 5, oranje tussen 5 en -99 en rood is volledige afname: -100. Het percentuele verschil staat weergegeven.

Groep	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Fytoplankton	0	0	0	0	0	0
Macrofyten	0	-4	-9	0	-4	-9
Oevervegetatie	0	-62	-62	0	-62	-62
Kranswieren	92	9	27	92	9	27
Fonteinkruid	27	0	11	27	0	11
Driehoeksmossel	0	0	0	-100	-100	-100
Quaggamossel	0	0	0	-100	-100	-100
Spiering	-25	-8	-4	-30	-12	-8
Rivierdonderpad	0	0	0	-100	-100	-100
Plantetende vogels	1	-1	-1	1	-1	-1
Bodemfauna-etende vogels	0	0	0	-100	-100	-100
Visetende vogels	19	-16	2	19	-8	2
Fuut	70	-4	10	70	-4	10

Bovenstaande tabel laat goed zien dat er verschil is in effect op verschillende groepen. Sommige groepen gaan er bij elk scenario op vooruit, achteruit of blijven gelijk, terwijl anderen juist heel verschillend reageren op verschillende scenario's. Uit de tabel komt ook duidelijk naar voren dat scenario 1 in vergelijking met de andere scenario's het grootste aantal toenames in geschikt areaal veroorzaakt. Scenario 5 resulteert in vergelijking met de andere scenario's in de grootste afname in geschikt areaal. Per groep/soort zullen nu de resultaten worden geanalyseerd.

Fytoplankton

Fytoplankton is in alle scenario's gelijk. De lage waarde aan geschikt oppervlak laat zien dat een groot deel van het Markermeer aan algenbloei onderhevig is (zie output kaarten in bijlage III). Temperatuur is niet van invloed op de algenbloei, omdat de groep fytoplankton er in het model niet van afhankelijk is.

Macrofyten

Het geschikte areaal voor macrofyten gaat in scenario's 3 en 9 achteruit. Hoewel het verschil klein is hebben beide maatregelen een negatief effect op het oppervlak geschikt areaal. De limiterende factor is hier de diepte. Temperatuur heeft geen effect op macrofyten, omdat de groep macrofyten er in het model niet van afhankelijk is.

Oevervegetatie

Het geschikte areaal voor oevervegetatie blijft gelijk wanneer het totaalpakket aan maatregelen wordt getroffen (scenario 1 en 4) en neemt af wanneer losse maatregelen worden getroffen. Oevervegetatie is niet afhankelijk van temperatuur dus zijn scenario's 1,2,3 gelijk aan respectievelijk scenario 4,5,6. Opmerkelijk genoeg hebben beide maatregelen hetzelfde effect op het geschikte areaal.

Dit komt doordat het effect van de maatregelen buiten de zone van de maatregelen plaatsvindt. In de discussie wordt ingegaan op de invloed van het oermoeras op het geschikte areaal van oevervegetatie.

Kranswieren

Hoewel er in scenario 0 wel al geschikt habitat aanwezig is voor kranswieren, neemt ook hier het areaal bij elke vorm van maatregelen toe.

Fonteinkruid

Het effect van de luwtestructuren op het geschikte areaal van fonteinkruid is positief terwijl er geen effect van het oermoeras is. Echter, bij een combinatie van beiden maatregelen is het netto effect meer positief dan bij het scenario waarin alleen de maatregel luwtestructuren wordt toegepast. Dit suggereert een synergie tussen de beide maatregelen, welke van positieve invloed is op de fonteinkruiden. Voor alle bovengenoemde groepen geldt dat de factor temperatuur niet van invloed is (zie bijlage 5), waardoor ook geen verschil ontstaat tussen scenario 1,2,3 en respectievelijk 4,5,6.

Driehoeksmossel, quaggamossel, spiering en rivierdonderpad

Dit is anders voor de driehoeksmossel, quaggamossel, spiering en de rivierdonderpad, welke wel afhankelijk zijn van temperatuur. Voor hen geldt dat temperatuurstijging een negatief effect heeft op het oppervlak geschikt areaal. Het areaal van spiering gaat in alle gevallen behalve scenario 3 achteruit terwijl de rivierdonderpad allen bij scenario's 4,5 en 6 een afname in geschikt areaal ondervindt. Ook het geschikte areaal van de driehoeks- en quaggamossel verandert alleen (negatief) onder invloed van temperatuur; de maatregelen hebben geen effect.

Het feit dat de rivierdonderpad, quaggamossel en driehoeksmossel niet veranderen onder invloed van de maatregelen heeft te maken met de gestelde drempelwaarde (0.7) voor de bepaling van habitatgeschiktheid. Het areaal wordt namelijk wel meer geschikt, maar het verschil is minimaal en komt niet boven de drempelwaarde uit (zie verklarendheidsanalyse). Daardoor wordt deze toename niet meegerekend. Dit effect van de hoogte van de drempelwaarde zou in principe van toepassing kunnen zijn op alle groepen. Daarom is een analyse uitgevoerd om de verklarendheid van het model te testen (zie verklarendheidsanalyse).

Vogels

De verschillende vogelgroepen in het model reageren verschillend op de scenario's. De groep plantetende vogels verandert helemaal niet. Dit lijkt tegenstrijdig omdat kranswieren en fonteinkruid een toename in areaal vertonen bij verschillende scenario's. De reden hiervoor is dat de groep plantetende vogels in het model afhankelijk is van de groep macrofyten (en deze verandert niet) en niet van de groepen kranswieren en fonteinkruid.

De groep bodemfauna-etende vogels neemt drastisch af bij verhoogde temperatuur. De maatregelen hebben geen effect op het oppervlak geschikt areaal. Dit komt omdat deze veranderingen direct gelinked zijn aan de quaggamossel en driehoeksmossel. De groep visetende vogels wordt beïnvloedt door de verschillende maatregelen maar verandert niet onder invloed van temperatuur.

De combinatie van slibschermen en oermoeras heeft een positief effect op het oppervlak geschikt areaal terwijl de maatregelen los respectievelijk geen en een negatief effect hebben. Dit geeft aan dat de combinatie van maatregelen een meerwaarde creëert ten opzichte van de maatregelen apart.

Dit effect komt ook terug bij de fuut. Het areaal neemt toe door de maatregel slibscherm maar blijft onveranderd door de maatregel oermoeras. In combinatie is de toename in areaal echter veel groter. Er is geen invloed van temperatuur op het habitat van de fuut.

Verklarendheidsanalyse

Om de mate van verklarendheid van het model te analyseren is een berekening gemaakt met een lagere, en een hogere drempelwaarde. De lagere drempelwaarde is afgesteld op 0.6 en de hogere drempelwaarde is afgesteld op 0.8. Deze analyse gaat niet op voor de groepen fytoplankton en bodemfauna-etende vogels, omdat deze niet aan de hand van een HSI-ratio berekend zijn. In onderstaande tabel zijn de percentuele verschillen aan geschikt areaal tussen scenario 0 en 1 getoond per groep voor de drie verschillende drempelwaarden.

Tabel 4.9: Het verschil in geschikt areaal tussen scenario 0 en 1 per groep bij verschillende drempelwaarden.			
Drempelwaarde	0.6 (laag)	0.7 (normaal)	0.8 (hoog)
Groep			
Macrophyten	0	0	-2
Oevervegetatie	0	0	-2
Kranswieren	86	92	97
Fonteinkruid	26	27	29
Driehoeksmossel	-16	0	0
Quaggamossel	-16	0	0
Spiering	-22	-25	-31
Rivierdonderpad	-42	0	0
Plantetende Vogels	1	1	1
Visetende Vogels	21	19	19
Fuut	52	70	82

In vergelijking van de drie drempelwaardes wijken de percentuele verschillen niet ver van elkaar af, behalve voor de driehoeksmossel, quaggamossel en de rivierdonderpad. Dat houdt in dat, voor de overige groepen, de drempelwaardes niet limiterend of drijvend zijn voor de uitkomsten van het model. Wel is bij de kranswieren, het fonteinkruid en de fuut te zien dat het effect van de maatregelen oploopt bij een hogere drempelwaarde. Dit indiceert dat het belang van de maatregelen voor deze groepen groot is. Het effect van de maatregelen in scenario 1 is namelijk groter wanneer (door de drempelwaarde te verhogen) hogere eisen worden gesteld aan de kwaliteit. Het tegenovergestelde geldt voor spiering waarvan het areaal aan geschikt habitat wordt verminderd door de maatregelen. Deze verklarendheidsanalyse laat dus zien dat, voor deze groepen, de drempelwaarde van 0.7 een geschikte waarde is om toe te passen, zonder dat dit de werking van het model verstoort.

Zoals besproken in de vorige sectie, heeft deze drempelwaarde wel een belangrijke invloed op de driehoeksmossel, de quaggamossel en de rivierdonderpad. Bij een te hoge drempelwaarde is het effect van de maatregelen niet zichtbaar in het model. Bij een drempelwaarde van 0.6 blijkt scenario 1 van negatieve invloed op alle drie de groepen. Meer onderzoek en calibratie met monitoring data is nodig om een geschikte drempelwaarde te bepalen.

De resultaten opsommend, kan worden gesteld dat het effect van de maatregelen op de arealen aan geschikt habitat van de verschillende groepen varieert; het kan zowel positief als negatief zijn. In de discussie zal worden ingegaan op de ecologische interpretatie van de resultaten. Wat is het gevolg van de veranderingen in geschikt areaal in het Markermeer, hoe belangrijk zijn de gevonden resultaten en kan aan de hand hiervan het belang van de maatregelen voor de ecologische kwaliteit worden ingeschat?

5 DISCUSSIE

In de resultatensectie zijn de arealen van alle scenario's getoond, samen met het verschil ten opzichte van het referentiescenario (scenario 0). Ook is de invloed van de drempelwaarde op het model getest met behulp van de verklarendheidsanalyse. Deze discussiesectie is bedoeld om terug te grijpen op de aanleiding van het onderzoek. Door de resultaten in de context te plaatsen van doelstellingen en huidige problematiek in het Markermeer zal getracht worden de onderzoeksvragen te beantwoorden. Tevens wordt in deze discussie geprobeerd om verder te kijken, door de resultaten te extrapoleren naar de realiteit en naar andere soorten.

Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen die in de introductie gesteld zijn staan heironder nogmaals weergegeven:

1. *Hoe ziet de toekomstige conditie van het Markermeer-IJmeer er uit en welke maatregelen kunnen dit verbeteren?*
2. *Wat is het effect van de voorgestelde NMIJ maatregelen op de ecologische kwaliteit van het Markermeer IJmeer, uitgedrukt in habitatgeschiktheid?*
3. *Wat is het effect van de verwachte temperatuurstijging op de habitatgeschiktheid voor doelsoorten van het Markermeer-IJmeer*
4. *Wat is het effect van een oermoeras op de habitatgeschiktheid van (doel)soorten in het Markermeer-IJmeer in de toekomst, bij inachtneming van een hogere temperatuur?'*

Deze onderzoeksvragen worden beantwoord naar aanleiding van het gedeelte 'Extrapolatie'.

Extrapolatie

Om de betekenis van de resultaten te kunnen begrijpen, is het belangrijk om het model te extrapoleren naar de realiteit. Dit is nodig om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen.

Areaal versus aantallen

De resultaten geven verschillende negatieve trends aan in geschikt areaal als gevolg van de maatregelen. Voor macrofyten, oevervegetatie, spiering en bodemfauna-etende vogels leiden het oermoeras, de luwtestructuren en een toename in watertemperatuur tot een verkleind habitat. Dit betekent echter niet direct dat de soort in aantal achteruitgaat, of dat daarom doelstellingen niet behaald kunnen worden. De macrofyten gaan in areaal achteruit omdat de oppervlakte waar de maatregelen effect op hebben al geschikt is in scenario 0, en een verbetering dus niet wordt geregistreerd in dit model.

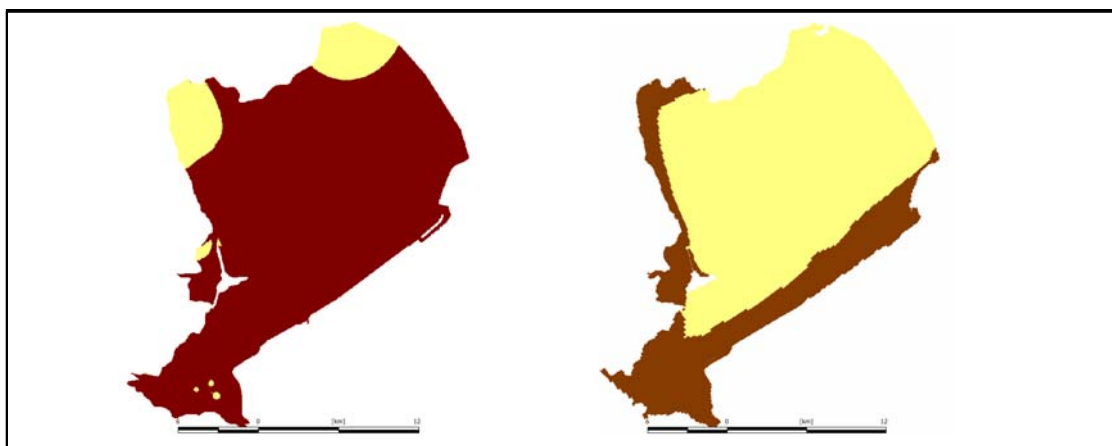


Figuur 5.1: Een beter lichtklimaat heeft een positieve invloed op de robuustheid en dichtheid van macrofyten (bron: J. van Schie)

Omdat de luwtestructuren zelf ongeschikt zijn als habitat voor macrofyten, heeft hun plaatsing een afname in geschikt areaal als gevolg. Deze afname is echter minimaal zoals te zien in tabel 4.8 hierboven, omdat de luwtestructuren een relatief zeer klein oppervlak in beslag nemen. Dit oppervlak is in het model te groot ingeschaald, omdat de resolutie van de kaartjes niet hoog genoeg is om zulke dunne oppervlaktes aan te geven. Of het effect van een verbeterde kwaliteit van een gebied dat sowieso al boven de drempelwaarde ligt opweegt tegen de afname in areaal door plaatsing van de luwtestructuren komt uit het model niet naar voren. De verwachting is echter dat dit wel het geval is en dat het negatieve effect van de maatregelen op macrofyten dus verwaarloosbaar is. De slib modelstudies laten namelijk zien dat de lokale luwtes voor een verbetering in lichtklimaat zorgen. Een verbetering in lichtklimaat heeft ook een positief effect op dichtheid van de macrofyten (Barko & Smart, 1982).

De belangrijkste oorzaak van de afname voor spiering is het feit dat de uitgangssituatie in het model vrijwel volledig geschikt is. Dit komt door het hoge slibgehalte wat voor turbiditeit zorgt, en waar de spiering gebruik van maakt om te ontkomen aan predatoren. De verbetering in waterkwaliteit die door de maatregelen teweeg wordt gebracht heeft daarom een negatief effect op het habitat van de spiering. Dit is een goed voorbeeld van waarom het modelleren nuttig kan zijn, omdat het aantoont dat verbeteringen in waterkwaliteit niet per definitie positief zijn voor het habitat van soorten. Echter, het feit dat de huidige situatie die op basis van het model wordt geschetst suggereert dat het habitat geschikt zou moeten zijn voor spiering, wijst erop dat de factoren die in het model gebruikt worden wellicht niet de drijvende factoren zijn achter de slechte visstand. Ander factoren, zoals visserij en in het bijzonder de invloed van de predatoren zoals de aalscholver (Nie de, 1995), lijken meer bepalend. Bovendien wordt de draagkracht van het Markermeer voor spiering niet gehaald, dus de verwachting is dan ook dat de visstand niet negatief wordt beïnvloed door de maatregelen. Voor het verbeteren van de visstand in het meer zou daarom meer aandacht moeten uitgaan naar de overige limiterende factoren, zoals predatie en visserij.

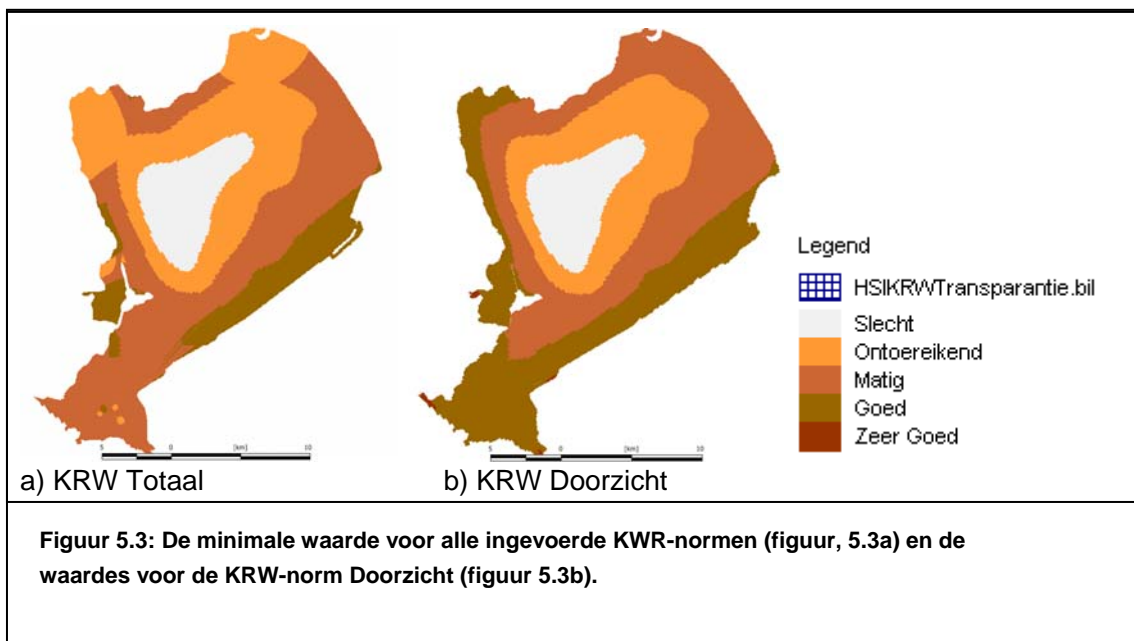
De berekeningen voor fytoplankton geven opvallende outputwaarden. Het grootste deel van het Markermeer zou onderhevig zijn aan algenbloei. In de praktijk blijkt dit echter niet zo te zijn. Het is de vraag of de EKR-berekening passend is voor het Markermeer.



Figuur 5.2: een overzicht van de inputkaarten voor Fytoplankton. Bruin staat voor chlorofyl onder 23 mg/l en doorzicht boven 90 cm; geel staat voor de overschrijding van de EKR-drempelwaarde.

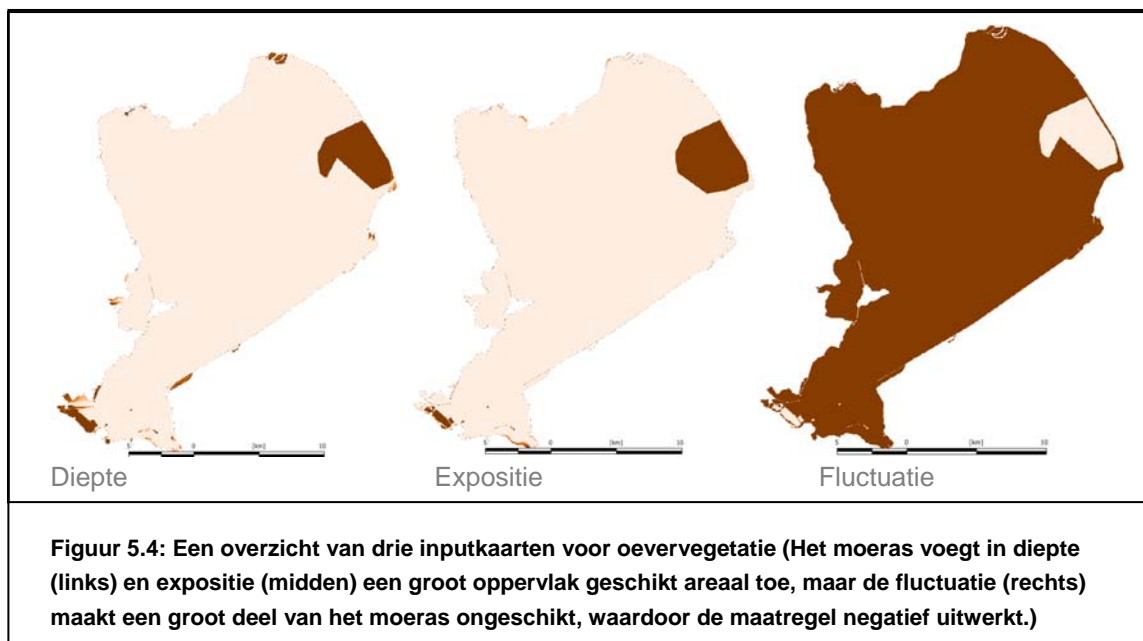
De twee inputwaardes die worden gebruikt zijn chlorofyl en doorzicht. Omdat het Markermeer zo slibrijk is, is het doorzicht laag. In de formule wordt er vanuit gegaan dat doorzicht voor een groot deel wordt verklaard door fytoplankton, maar in dit geval is dat niet zo. Daarom is het interessant om de invoerwaardes met elkaar te vergelijken. Figuur 5.2 laat links de chlorofyl waardes zien en rechts de doorzichtwaardes. Bruin staat bij de chlorofylkaart voor alles lager dan de EKR-drempelwaarde 23 mg/l; bruin staat bij de doorzichtkaart voor alles hoger dan de EKR-drempelwaarde 90 cm. Deze figuren laten duidelijk zien dat de chlorofylgehalten voor het grootste deel van het meer in orde zijn en geen algenbloei teweeg brengen. Het doorzicht is in het grootste deel van het Markermeer slecht en onder de vastgestelde norm. In de berekening van de algenbloei-EKR is doorzicht dus de drijvende factor achter de output. Op basis hiervan kan worden gesteld dat de rekenregels niet geschikt zijn voor het Markermeer omdat het slib van grote invloed is op het doorzicht. Met een dynamisch model kan beter worden gerekend aan nutriëntenstromen, slibgehalte en voorspellingen van algenbloei. Een betere modelstudie is in dit kader wenselijk.

Om aan te tonen dat slib bepalend is voor de waterkwaliteit wordt de invloed van slib op de KRW-doelen voor het Markermeer (type M21) geanalyseerd. In habitat zijn de KRW-normen voor temperatuur, doorzicht, zuurstofpercentage, chlorofyl-a-gehalte, totaal P en totaal N doorgerekend en is voor het gehele Markermeer de laagste waarde van deze normen weergegeven (figuur 5.3a). Figuur 5.3b ernaast laat de KRW-normering voor alleen doorzicht zien. De grote gelijkenis toont aan dat doorzicht het slechtst scoort van alle geteste KRW-normen.

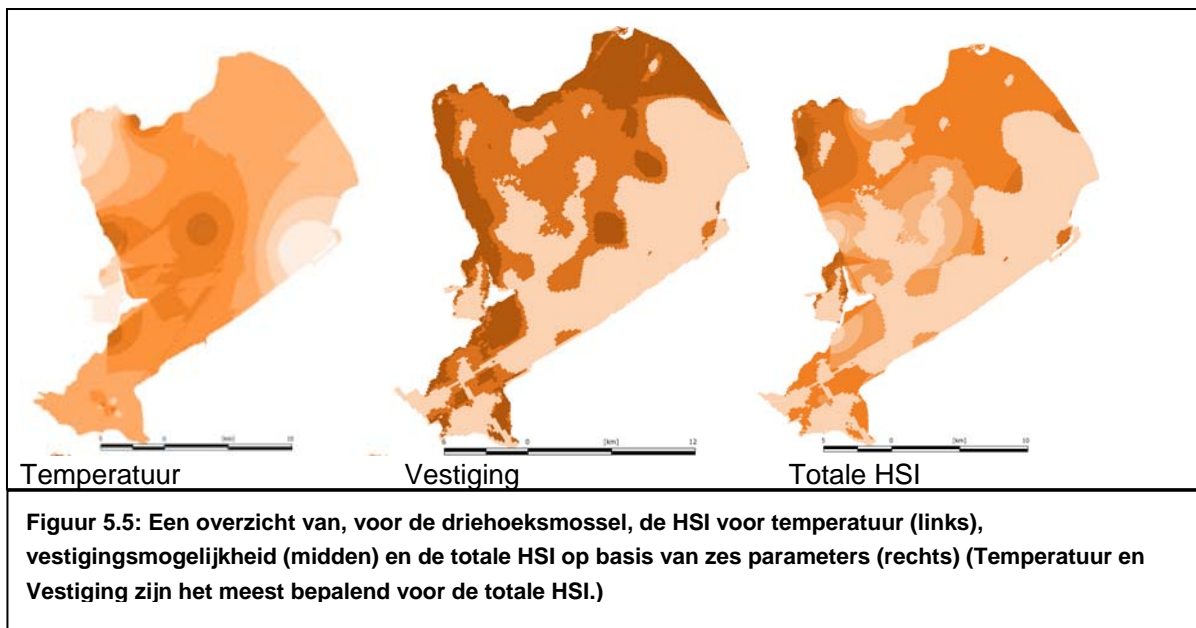


De afname in areaal voor oeervegetatie lijkt vanuit ecologisch perspectief heel tegenstrijdig, omdat met name het oermoeras in theorie een groot oppervlak aan geschikt areaal toe zou moeten voegen. Dit komt echter niet naar voren uit de output van het model, waarin het areaal met oermoeras niet boven de drempelwaarde uitkomt. De drijvende factor achter de rekenregels van oeervegetatie is de variatie in waterpeil, welke is geprogrammeerd op basis van seizoenale gemiddeldes (zomer hoog, winter laag).

Bij een geleidelijke overgang van droog naar nat zoals deze in het oermoeras beoogd wordt, zorgt deze inrichting voor een zeer geschikt areaal voor oevervegetatie. In het model echter was het niet mogelijk om gradiënten in te voeren, of subtiele veranderingen in waterpeilen te modelleren. De ingestelde dieptes van het oermoeras (zie materiaal en methoden) vallen dus buiten de geschikte waardes voor de rekenregels van oevervegetatie (zie figuur 5.3). Dit is de reden dat in het model geen toename in geschikt habitat voor oevervegetatie zichtbaar is als gevolg van de maatregelen. De rekenregels zijn hiervoor te robuust, en het feit dat het model niet dynamisch is maakt het onmogelijk om dynamiek te modelleren die nodig is voor oevervegetatie. Ondanks de resultaten wordt toch verwacht dat met name de maatregel oermoeras zeer positief is voor de oevervegetatie in het Markermeer. Deze positieve invloed komt echter niet vanzelf tot stand. Het meest bepalend voor de effectiviteit van het oermoeras voor oevervegetatie is de dynamiek in het waterpeil. Vraat door met name ganzen en wilgenbosontwikkeling door droogte zijn directe gevolgen van een slecht peilbeheer, welke oevervegetatie verdringen. De aandacht voor een geschikt peilbeheer is daarom zeer cruciaal voor de toegevoegde waarde van het oermoeras voor oevervegetatie.



Voor de driehoeksmossel en de quaggamossel hebben de maatregelen geen effect op het areaal aan geschikt habitat. Het totaal areaal aan geschikt oppervlak is voor beide soorten gelijk en laag. Beide soorten worden beschreven door 6 parameters, waarvan er twee zijn waarin ze van elkaar verschillen. Uit de output blijkt dat vooral twee parameters, vestiging en temperatuur (zie figuur 5.3), limiterend zijn.



Omdat het Markermeer zeer vlak en kleiig is, ontbreekt er substraat waar de mossels zich aan kunnen hechten. Hoewel de quaggamossel beter bestand is tegen hoge temperaturen dan de driehoeksmossel blijkt dat, in combinatie met de parameter vestiging, er geen verschil in geschikt areaal is. Als gevolg van de maatregelen veranderen deze parameters in het model niet, waardoor de maatregelen geen effect hebben. Toch zouden de luwtestructuren en de buitenranden van het oermoeras kunnen dienen als geschikt substraat voor vestiging, waardoor het geschikte areaal licht toeneemt. Het feit dat het model duidelijk laat zien dat substraat voor vestiging belangrijk is, geeft wel reden om te kijken naar manieren om artificieel substraat toe te voegen. Met behulp van eenvoudige, oppervlaktevergroten constructies zouden een groot geschikt areaal toegevoegd kunnen worden. De kaarten in figuur 5.3 laten zien dat de zuidoostelijke zijde van het Markermeer het meest baat heeft bij toevoeging van artificieel substraat. Of dit ook het meest positieve effect heeft voor de gewenste soorten is maar de vraag, omdat het hoge slibgehalte aan deze zijde van het meer tevens het foerageren bemoeilijkt. De verwachting is dat de meeste kansen liggen bij het verbeteren en uitbreiden van reeds (bijna) geschikte arealen. Er is namelijk in de huidige mosselbanken veel winst te halen, in aantallen een groottes van individuen.

Voor de rivierdonderpad is geen van beide maatregelen positief voor het geschikte areaal. Los daarvan valt op dat het reeds geschikte areaal erg groot is. Dit is opvallend omdat de rivierdonderpad nauwelijks voorkomt in het Markermeer. De belangrijkste factor die hier een rol speelt is de immobiliteit van de soort. In het gehele leven komt de rivierdonderpad vaak niet verder dan een paar vierkante meter (Peters, 2005). Alle factoren die tijdelijk limiterend zijn, zoals extreme temperaturen in een hete zomer, kunnen direct dodelijk zijn. De gemiddeldes die in dit model gebruikt zijn reflecteren wellicht een te optimistisch beeld van het areaal geschikt habitat. Andersom betekent dit dat de kleine afname in geschikt areaal bij scenario's 2 en 3 niet per definitie een probleem vormt voor de soort. Bovendien ontbreken in het huidige model belangrijke bodemtype klassen voor de rivierdonderpad, zoals stortsteen en ander robuust materiaal. Bijvoorbeeld bij de aanleg van het oermoeras zal waarschijnlijk gebruik worden gemaakt van geschikt substraat om de randen te verstevigen.

Dit zou een grote toename in geschikt areaal met zich mee brengen, welke niet in het model is opgenomen. Aangezien voor de rivierdonderpad ook substraat en temperatuur twee drijvende factoren zijn, net als bij de driehoeks- en de quaggamossel, zou hiervoor gekeken kunnen worden naar dezelfde maatregelen. De verwachting is dat het toevoegen van substraat voor beide groepen positief werkt. Hiermee zou het areaal van een sleutelsoort en een doelsoort binnen de Natura2000 doelstellingen vergroot kunnen worden.

De reden dat het areaal aan geschikt habitat van bodemfauna-etende vogels (klasse duikeenden) achteruit gaat heeft vooral te maken met de beschikbaarheid van bodemfauna, in het model de driehoeksmossel en de quaggamossel. In scenario's 1,2 en 3 gaat het areaal achteruit vanwege het feit dat de maatregelen ondieptes veroorzaken die in de kennisregels ongeschikt zijn voor de bodemfauna-etende vogels. Bij een toename in temperatuur (scenario 4, 5 en 6) gaat het geschikte areaal drastisch achteruit. De groep Bodemfauna-etende vogels is zelf niet afhankelijk van temperatuur, maar de mossels wel, vandaar de afname. Echter, voor bijvoorbeeld de tafeleend is de factor leefgebied in de instandhoudingsdoelstelling geschat als gunstig en de factor toekomst is matig ongunstig ingeschat (EL&I aanwijzingsbesluit vogels, 2010). Dit zou kunnen komen doordat andere bodemfauna minder gevoelig is voor temperatuur en bij scenario's 4,5 en 6 nog steeds als voedsel kan dienen. Bovendien kunnen veel bodemfauna-etende vogelsoorten ook overschakelen op ander voedsel, zoals macrofyten (Soortenbank, geraadpleegd in maart - mei 2011). De aantallen vogels lijken dus niet beperkt door de beschikbaarheid aan foerageerareaal. Bovendien zou door middel van toegevoegd substraat (zoals hierboven beschreven) de voedselbank vergoot kunnen worden. Andere factoren, zoals broed- en rustgebied of overwinteringsgebieden elders, kunnen wel beperkend zijn. Deze zijn, wegens ontbreken van geschikte rekenregels, niet opgenomen in het model.

Op basis van deze informatie kunnen we antwoord geven op de volgende onderzoeksvragen:

1. *Hoe ziet de toekomstige conditie van het Markermeer-IJmeer er uit en welke maatregelen kunnen dit verbeteren?*

De conditie zal zonder in te grijpen verslechteren doordat de temperatuur stijgt en limiterend wordt voor sleutelsoorten zoals de driehoeksmossel. De maatregelen luwtestructuren en oermoeras hebben de potentie om condities van het Markermeer te verbeteren. Voor de andere maatregelen moet dezelfde studie gedaan worden om alle maatregelen onderling te kunnen vergelijken.

2. *Wat is het effect van de voorgestelde NMIJ maatregelen op de ecologische kwaliteit van het Markermeer IJmeer, uitgedrukt in habitatgeschiktheid?*

Beide maatregelen samen (scenario 1) hebben een positief effect op het areaal geschikt habitat voor 6 van de 13 onderzochte groepen en een negatief effect op 3 van de 13 groepen. De maatregel luwtestructuren levert voor meer groepen een toename in geschikt areaal op (4) dan de maatregel oermoeras (1).

3. *Wat is het effect van de verwachte temperatuurstijging op de habitatgeschiktheid voor doelsoorten van het Markermeer-IJmeer?*

De verwachte temperatuurstijging is van invloed op 5 van de 13 groepen en heeft een drastisch, negatief effect op de habitatgeschiktheid.

4. *Wat is het effect van een oermoeras op de habitatgeschiktheid van (doel)soorten in het Markermeer-IJmeer in de toekomst, bij inachtneming van een hogere temperatuur?*

Het effect van de maatregel oermoeras weegt niet op tegen de invloed van temperatuurstijging en is verwaarloosbaar. De maatregel luwtestructuren heeft een licht positieve invloed.

Natura 2000 doelstellingen Markermeer

Een primair streven voor het Markermeer is om te voldoen aan de doelstellingen die vanuit Natura2000 gesteld zijn voor habitattypen en doelsoorten (zie bijlage 4 voor een overzicht van de doelstellingen). De soorten bestaan vooral uit watervogels en daarnaast staat er een habitattypen gedefinieerd: kranswierwateren (H3140). Zoals hierboven besproken, blijkt uit het model dat het areaal geschikt habitat alleen toeneemt bij scenario 1. De kans om de doelstelling voor de rivierdonderpad (H1163) te behalen is hier dus het grootst. Echter, in scenario 2 en 3 zou de doelstelling tevens behaald kunnen worden.

In tabel 4.8 is te zien dat de kranswierwateren enorm in geschikt areaal toenemen als gevolg van beide maatregelen. De maatregelen zorgen dus voor het behalen van de instandhoudingsdoelstelling voor kranswierwateren (H3140).

De meervleermuis is niet in het model opgenomen; hiervan is een apart document geschreven, (Droog, 2011).

De instandhoudingsdoelen voor plantetende vogels hebben in scenario 1 de grootste kans om behaald te worden, aangezien het areaal aan geschikt oppervlak hier toeneemt. Het effect van alle scenario's is echter minimaal, dus de verwachting is dat de instandhoudingsdoelstelling ook behaald kan worden bij de overige scenario's. Dit geldt voor de doelstellingen Grauwe Gans (A043), Brandgans (A045), Smient (A050), Krakeend (A051), Krooneend (A058), Slobeend (A056), Meerkoet (A125).

Eerder in de discussie is al besproken dat de afname in areaal die door het model is berekend niet direct beperkend hoeft te zijn voor de vogelsoorten. De verwachting is dat de instandhoudingsdoelen mogelijk niet behaald worden bij scenario 4,5 en 6, maar wel in scenario 1,2, en 3. Dit geldt voor de doelstellingen Tafeleend (A059), Toppereend (A062), Kuifeend (A061), Brilduiker (A067).

De visetende vogels profiteren van de maatregel luwtestructuren, maar niet van het oermoeras. Dit blijkt uit zowel de groep visetende vogels als de groep fuut. Voor de instandhoudingsdoelen Aalscholver (A017), Visdief (A193), Fuut (A005), Lepelaar (A034), Grote zaagbek (A070), Dwergmeeuw (A177), Nonnetje (A068) en Zwarte Stern (A197) is de verwachting dat ze in alle scenario's behaald worden, omdat het areaal geschikt habitat niet limiterend is voor de huidige draagkracht.

Bovendien zou toegevoegd rusthabitat door aanleg van het oermoeras ook positief kunnen werken voor de genoemde soorten.

Klimaatverandering

Scenario 4, 5 en 6 zijn doorgerekend om het effect van klimaatverandering op het Markermeer te onderzoeken. Uit de resultaten is gebleken dat het effect van de gesimuleerde temperatuurstijging van het water groot is. Het habitat van de groepen die gevoelig zijn voor de temperatuur blijkt sterk verminderd te worden of zelfs compleet te verdwijnen. Ondanks het feit dat de gebruikte temperatuurstijging een worst-case scenario is en wellicht te hoog is ingesteld, geeft het wel aan hoe belangrijk de factor temperatuur in de toekomst kan worden. Hoe groot de bufferende capaciteit van het Markermeer voor extreme temperaturen precies is, kan moeilijk worden vastgesteld. De resultaten laten echter wel zien dat de gevoeligheid van veranderingen in temperatuur bij veel soorten groot is, en dat bij het ontwikkelen van een ToekomstBestendig Ecologisch Systeem rekening dient te worden gehouden met de factor temperatuur. Voor macrofauna zouden temperatuurverschillen de soortensamenstelling kunnen beïnvloeden. Onderzoek heeft al aangetoond dat de quaggamossel beter bestand is tegen extreme temperaturen (Baldwin et al., 2002; Carlton en Johnson, 2000). In de toekomst zou de quaggamossel dus de concurrentiestrijd met de driehoeksmossel kunnen winnen.

Hoewel het model geen verschillende resultaten laat zien bij verschillende temperaturen, is een temperatuurstijging mogelijk ook problematisch voor fytoplankton. De combinatie van lichte, helderder water en warmte geeft algenbloei een verhoogde kans. Algenbloei kan niet alleen schadelijk zijn voor het ecosysteem en de kwaliteit van de macrofyten, maar ook voor de volksgezondheid in verband met schadelijke blauwalgsoorten. Zwemwater kan vervuild raken waardoor deze recreatie in delen van de zomer stil kan vallen; dit brengt economisch negatieve gevolgen met zich mee. Zoals eerder in de discussie aangegeven is een specifieke modelstudie voor fytoplankton wenselijk.

Van temperatuurgevoelige vissoorten zoals de spiering is het bekend dat zij enorme populatiecrashes kunnen ondergaan bij extreme zomers (Myers et al., 1997). Het gebrek aan refugia om te ontkomen aan de warme temperaturen is hierbij vaak het probleem. Een van de in de inleiding genoemde maatregelen, diepe putten, zou hierin uitkomst kunnen bieden. De meningen van deskundigen over de effectiviteit van diepe putten zijn verdeeld. Wanneer putten groot genoeg zijn kan stratificatie optreden, wat inhoudt dat er een scheiding optreedt van waterlagen die fysisch en chemisch van elkaar verschillen. Onder in de putten blijft de temperatuur tijdens warme zomers koel, maar tegelijkertijd wordt deze waterlaag ook zuurstofloos en mengt tijdens deze periode niet met de bovenliggende waterlaag. Het is dus onduidelijk hoeveel vissoorten gebruik maken van deze putten en of ze deze wel kunnen vinden wanneer de temperatuur te hoog wordt. Er zijn wel waarnemingen gemeld van spiering die zich specifiek boven de randen van de putten verzamelen (Herpen van, 2010). Ook wordt in gesproken over het gebruik van putten door spiering om te ontkomen aan predatoren, in verband met de donkerte (van 't Hoog & de Leeuw, 2008). Wanneer het doorzicht in het water toeneemt zou dit het negatieve effect voor spiering deels kunnen compenseren. De vraag is hoe groot het effect van een aantal putten is op het gehele Markermeer. Meer onderzoek is nodig om hier onderbouwd antwoord op te kunnen geven.

De verwachting is dat het effect van temperatuurstijging voor de rivierdonderpad het grootst zal zijn. Zoals hierboven uitgelegd bezet de rivierdonderpad maar een heel klein habitat (Peters, 2005) en verplaatst zich tijdens zijn leven te weinig om te ontkomen aan hittestress. Bovendien warmen de ondiepe delen, waar het geschikte substraat voor de rivierdonderpad zich bevindt, meer op dan het open diepe water. Toch komt de rivierdonderpad ook voor op dieptes van 20 meter (Peters, 2005) dus het is onduidelijk in hoeverre de vis in staat zal zijn aan hittestress te ontkomen.

6 CONCLUSIES

In deze studie zijn de effecten van de maatregelen luwtestructuren en oermoeras, en van temperatuurstijging modelmatig bekeken. Deze effecten zijn onderzocht voor de groepen fytoplankton, macrofyten, kranswieren, oevervegetatie, fonteinkruid, driehoeksmossel, quaggamossel, spiering, rivierdonderpad, plantetende vogels, bodemfauna-etende vogels, visetende vogels en fuut.

De maatregel luwtestructuren heeft naar verwachting een positief effect op de fonteinkruiden, kranswieren en oevervegetatie. Lokaal zal de ecologische kwaliteit toenemen. De maatregel luwtestructuren draagt bij aan het behalen van de Natura-2000 doelen. Het ecologische surplus dat behaald wordt is naar verwachting redelijk en zal zich vooral in vegetatie vertalen.

De maatregel oermoeras heeft naar verwachting een positief effect op alle groepen behalve spiering en de rivierdonderpad. Het model laat alleen een positief effect van de maatregel oermoeras zien voor de groep kranswieren. De maatregel oermoeras draagt sterk bij aan het behalen van de Natura-2000 doelen. Het ecologische surplus dat behaald wordt is naar verwachting hoog, voor in het bijzonder vogels en vegetatie.

Een combinatie van beide maatregelen heeft naar verwachting een positief effect op alle groepen behalve spiering en rivierdonderpad. Beide maatregelen dragen bij aan het behalen van de Natura-2000 doelen. De combinatie van beide maatregelen is het meest gunstig voor het bereiken van een toekomstbestendig ecologisch systeem, en het ecologisch surplus is het hoogst. De additieve waarde die wordt behaald bovenop de waarde van beide individuele maatregelen is naar verwachting groot, en daarom is dit scenario vanuit ecologisch perspectief het meest wenselijk.

Het advies dat voortkomt uit dit rapport wordt gegeven op basis van alle uitgevoerde onderzoeken. Dit advies kan worden gevonden op bladzijde 55.

Deel II: ECOLOGISCHE VERBINDINGEN: VISMIGRATIE



Foto: blankvoorn, bron: Ari Saura

7 INTRODUCTIE POPULATIEDYNAMISCHE MODELLERING VAN ECOLOGISCHE VERBINDINGEN

Een van de thema's binnen het NMIJ project is: 'Ecologische Verbindingen', waaruit een advies naar voren moet komen over de te ondernemen stappen om de ecologische verbindingen tussen het Markermeer en andere gebieden te waarborgen of versterken. Een belangrijke drijfveer om naar ecologische verbindingen te kijken is de vismigratie in het meer.

7.1 Vismigratie

Als onderdeel van een biologische cyclus vertonen verschillende vissoorten jaarlijks migratiegedrag, onder andere om een geschikt paai- of overwinteringshabitat te vinden. De visstand in het Markermeer staat met toenemende mate onder druk. De belangrijkste redenen hiervoor zijn de visserij en het toenemende aantal aalscholvers (predatiedruk), maar ook het ontbreken van een geschikt paaihabitat en een lage voedselbeschikbaarheid in het meer. Wanneer het paaihabitat of de voedselbeschikbaarheid in het meer te laag zijn, is de mogelijkheid tot migratie naar gebieden buiten het Markermeer van essentieel belang voor het instandhouden van robuuste vispopulaties. In alleen al de Flevopolder is ongeveer 1870 km oever beschikbaar wat mogelijk goed paaihabitat is (zie 'oeverlengte berekening'). De temperatuur is hier tijdens het paaiseizoen hoger dan in het Markermeer (Waterbase, 2010) en er is relatief meer ondiep areaal met submerse- en oevervegetatie. Het probleem is op dit moment echter dat de paarijpe vis niet vanuit het Markermeer de polder in kan komen omdat het gemaal de Blocq van Kuffler geen vispassage heeft. De centrale vraag die hieruit voortkomt is dan ook: "wat is de bijdrage van een vispassage tussen de Flevopolder en het Markermeer aan de populaties en visstand in het Markermeer?" De verwachting is dat een vispassage een positief effect heeft op de visstand in het Markermeer.



Figuur 7.1: Het gemaal de Blocq van Kuffler, gezien vanuit de Flevopolder



Figuur 7.2: De blankvoorn (*Rutilus rutilus*) of een heftige mate van verontreiniging van het water (Hurlbert et al., 2007; Kennedy et al., 2001; Otto, 1990).

In het kader van een gewenste robuuste visstand is het belangrijk om te onderzoeken hoe goed vispopulaties bestand zijn tegen extreme omstandigheden. Van vispopulaties is bekend dat zij een enorme, snelle afname in aantallen kunnen vertonen (een crash) in verband met bijvoorbeeld een extreem warme zomer, parasieten

Binnen het thema ecologische verbindingen is het interessant om te onderzoeken wat de meerwaarde is van aanvulling van vis vanuit een ander gebied. Kan de visstand in het Markermeer na een crash weer op peil worden gebracht vanuit de polder? En wat is het effect van een goede vispassage op dit herstel van de visstand in het Markermeer? De verwachting is dat de visstand in het Markermeer robuuster wordt als gevolg van een verbinding met de Flevopolder en dat de visstand sneller op peil wordt gebracht. Om advies op basis van expert judgement te onderbouwen met een onderzoek naar populatiedynamica is gebruik gemaakt van het modelleringprogramma Berkeley Madonna. Dit programma is ingezet om het belang van geschikte verbindingen tussen het Markermeer en de omliggende Polders in kaart te brengen. Als case study is de blankvoorn geselecteerd, een algemene vissoort die voorkomt in zowel het Markermeer als in de sloten van de omliggende polders. De hier uitgevoerde simulatie heeft betrekking op het Markermeer, de Flevopolder en het gemaal de Blocq van Kuffler, waar op dit moment geen vispassage is. Met behulp van het blankvoornmodel kan bijdrage van een vispassage aan de populatie blankvoorn in het Markermeer in beeld worden gebracht. Daarnaast kan de robuustheid van de populatie worden getest door crashes, vegetatieverschillen, en uitspoeling door het gemaal te simuleren.

7.2 De onderzoeksvragen

Deze rapportage dient om antwoord te geven op vier onderzoeksvragen die in het kader van het NMIJ-programma door Rijkswaterstaat (RWS) zijn gesteld:

Nr RWS	ID	Code	Onderzoeksvraag:
81	129	V1	Op welk locaties zijn vispassages en ecologische verbindingen (verbinding Waddenzee en IJsselmeer + verbinding IJsselmeer en Markermeer + verbinding Markermeer-IJmeer en Noordzeekanaal + verbinding Markermeer-IJmeer en regionale watersystemen) het meest effectief voor het realiseren van het gewenste visbestand? Effectief ten aanzien van de vissoorten (bij vispassages) en doelsoorten (bij verbindingen) waarvoor ze zijn ingericht.
83	138	V3	Wat is het ecologisch rendement van de genoemde verbindingen?
	139	V3aRH	Hebben de knelpunten effect op populatieniveau?
84	142	V4	Wat is de bijdrage van de ecologische verbindingen aan een veerkrachtig ecologisch systeem?

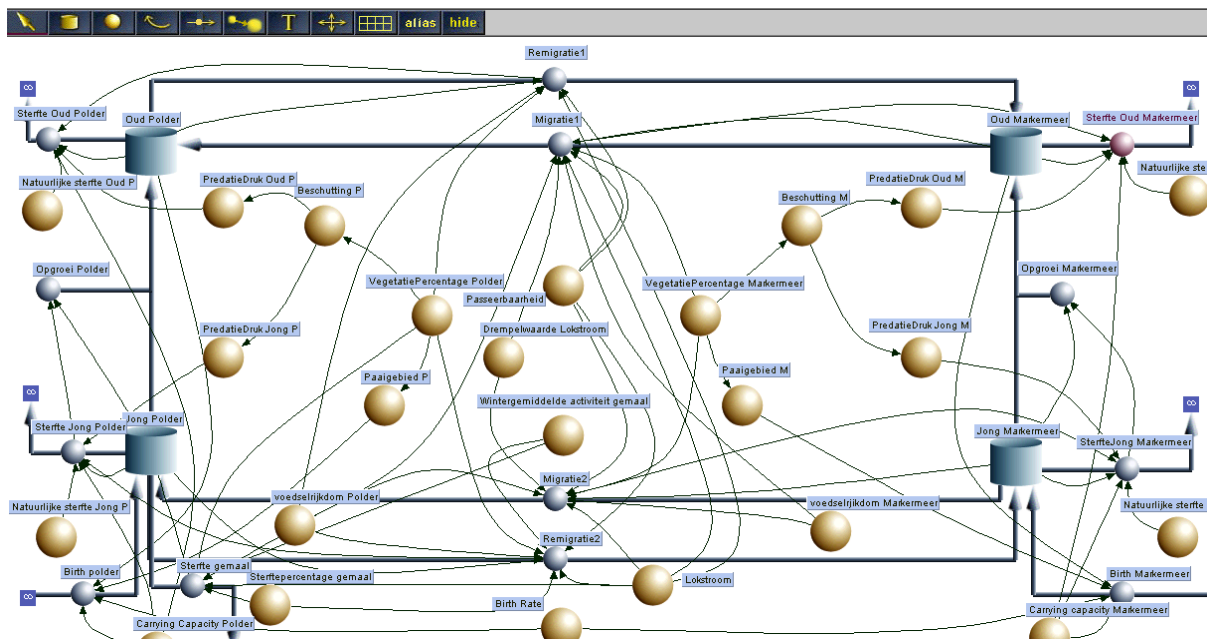
Om een volledig antwoord te kunnen geven op deze onderzoeksvragen, zijn er met betrekking tot dit simulatieonderzoek nog 3 onderzoeksvragen aan toegevoegd:

1. **Welke parameters hebben de meeste invloed op de populatiedynamica?**
2. **Welke parameters zijn het meest bepalend voor het herstel van een populatiecrash in het Markermeer?**
3. **Hoe schadelijk is uitspoeling van jonge blankvoorn vanuit de polder door het gemaal?**

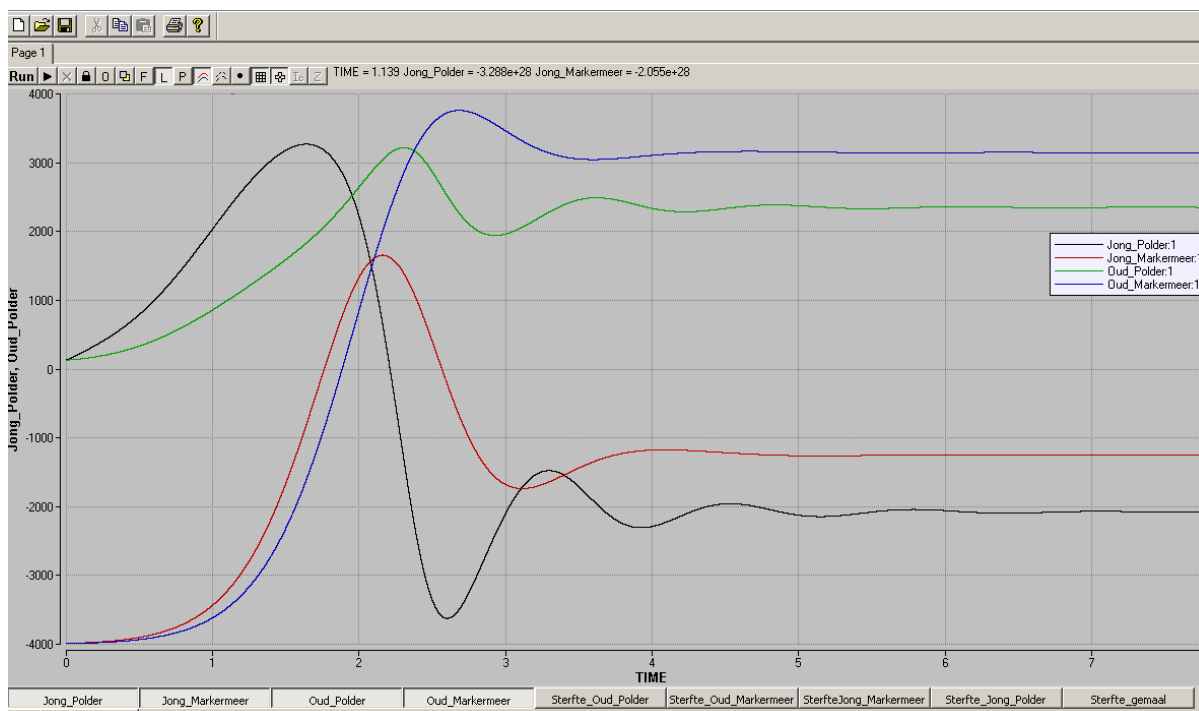
8 MATERIAAL EN METHODEN

8.1 Berkeley Madonna

Berkeley Madonna is een modellering programma dat in het kader van populatiedynamica veel wordt ingezet voor decision support van besluiten en maatregelen. Berkeley Madonna is een dynamisch puntmodel programma. Dit houdt in dat het in staat is om simulaties over tijd uit te voeren en dat het niet ruimtelijk werkt maar met zogenaamde 'reservoirs' die staan voor bijvoorbeeld de gehele hoeveelheid jonge vis in de polder. De nadruk ligt hiermee op stromen tussen reservoirs (genaamd 'flows') en de parameters die deze flows bepalen (genaamd 'formulas') en niet op wat er in een reservoir gebeurt. In feite werkt Berkeley Madonna als een flowchart waarin je aangeeft onder welke condities en in welke hoeveelheden "eenheden" door het systeem stromen. Het interface van het model ziet er ook uit als een flowchart (zie figuren 8.1). Op basis van theoretische populatiedynamica en toegepaste systeemanalyse zijn de weerstanden tussen reservoirs te bepalen. Berkeley Madonna heeft naast het flowchart venster ook een 'compute' venster waarin de waarde van alle reservoirs en flows weergegeven kunnen worden over tijd (zie figuur 8.2).



Figuur 8.1: Een overzicht van het flowchart interface in Berkeley Madonna van het blankvoornmodel



Figuur 8.2: Een overzicht van het compute interface in Berkeley Madonna van het blankvoornmodel

8.2 Het blankvoornmodel

De genoemde onderzoeksvragen zijn geconcretiseerd in de vraag of een vismigratievoorziening bij het gemaal de Blocq van Kuffler de blankvoornpopulatie in het Markermeer kan ondersteunen. De achterliggende hypothese is dat de blankvoornpopulatie in het Markermeer een gering paaiareaal ter beschikking heeft en dat de Flevopolder dit areaal zodanig zou kunnen vergroten dat de populatie aan robuustheid wint.

Blankvoorn is als case study geselecteerd omdat het een abundante vis is in het IJsselmeergebied, welke paaimigratie naar ondiepe waterplantrijke gebieden vertoont. Het is een eurytope soort die in veel Nederlandse watertypen voorkomt en een heel breed dieet heeft, bestaande uit onder andere, waterplanten, macrofauna en zooplankton. Van blankvoorn is ook bekend dat deze uitspoelt en sterft door verschillende typen turbines (Laak, de, 2009). Dit maakt de blankvoorn tot een geschikte case study voor het thema ecologische verbindingen.

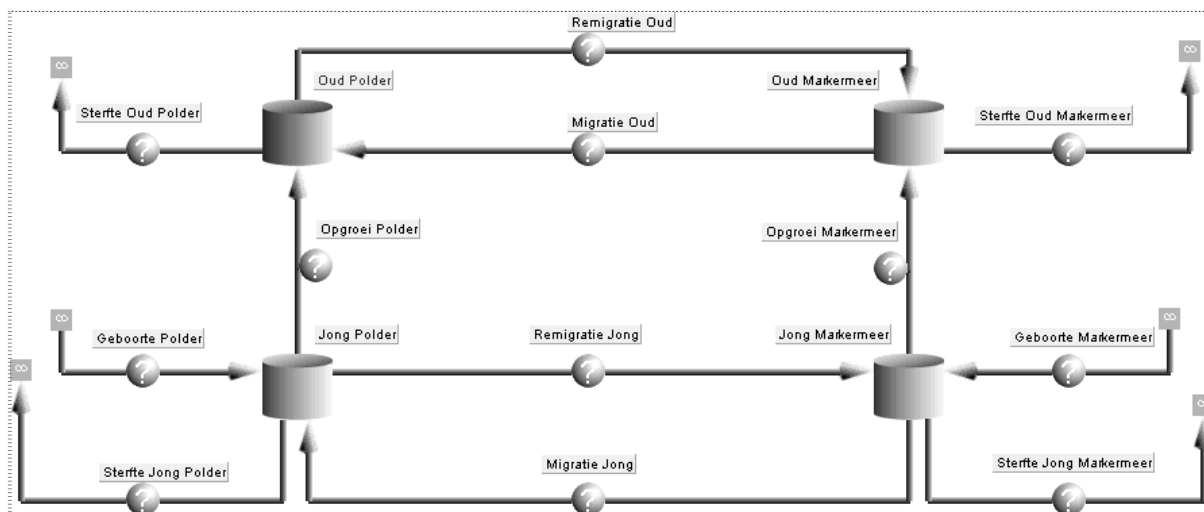
Voor deze simulatie zijn de vissen in de Flevopolder en in het Markermeer beschouwd als twee metapopulaties waartussen uitwisseling plaats kan vinden. Om dit te kunnen doen is het blankvoornmodel opgebouwd uit vier reservoirs: jong en oud in de Flevopolder en jong en oud in het Markermeer. De reden voor een splitsing tussen de Flevopolder en het Markermeer is om het effect van de verbinding (het gemaal Blocq van Kuffler) tussen de metapopulaties weer te kunnen geven. De reden voor de splitsing tussen jong en oud is dat in de huidige situatie alleen jonge vis uitspoelt via het gemaal maar dat grote vis het gemaal niet kan passeren. In bijlage 1 staan de voorwaarden en functies waaruit het model bestaat uitgeschreven.

Er is voor gekozen om deze analyse niet ruimtelijk uit te voeren vanwege een aantal factoren. Omdat het moeilijk is om exacte waarde toe te kennen aan bepaalde parameters, ligt de nadruk van deze analyse op de vergelijking van relatieve bijdragen van parameters aan het systeem. Een ruimtelijk model zou vooral meerwaarde opleveren bij een model waar de nadruk ligt op kwantitatieve gegevens en waarbij de exacte parameterwaarden bekend zijn. Bovendien moet een groot deel van het werk aan het maken van een ruimtelijk model uitbesteed worden aan experts en kost dit veel extra tijd. De geringe meerwaarde aan informatie weegt dus niet op tegen de kosten voor het maken van een ruimtelijk model.

8.2.1 Flows

Het functioneren van het model hangt compleet af van de inrichting van de flows. Hier kunnen eigenschappen uit de realiteit worden vertaald naar het gedrag van het model. Flows worden beschreven door wiskundige functies en voorwaarden voor het bepalen van de weerstand op een gegeven tijdstip. In eerste instantie is een basismodel opgebouwd met daarin de reservoirs en flows die op de analyse van de blankvoornpopulatie van toepassing zijn. In figuur 8.3 staat dit basis model weergegeven. Vervolgens zijn de parameters toegevoegd die de waarden van de flows bepalen. In het blankvoornmodel lopen horizontale flows en verticale flows.

De horizontale flows staan voor de dynamiek binnen een metapopulatie, namelijk geboorte, opgroei en sterfte. De geboorte bestaat uit een birth rate (deel van hoeveelheid "oud"), afhankelijk van een dichtheidsafhankelijke, logistische functie die bepaald wordt door de draagkracht (carrying capacity) van het systeem voor blankvoorn. De carrying capacity van zowel de Flevopolder als het Markermeer worden bepaald door het vegetatiepercentage en de voedselrijkdom in het gebied. De mate van voedselbeschikbaarheid voor blankvoorn is zeer complex is omdat deze soort bij schaarste overschakelt naar alternatieve voedingsbronnen. Daarom is ervoor gekozen om deze waarde een hypothetische ratio toe te kennen tussen 0 en 1. Omdat blankvoorn haar eitjes afzet op waterplanten, is de aanname dat vegetatiepercentage een representatie van het beschikbare paaigebied is. De opgroei wordt omschreven als de helft van alle jonge vis die niet migreert. De tijdseenheid is in jaar en de aanname is dat het jonge stadium van de blankvoorn 2 jaar is (Laak de, 2010 Nederland, 2010); vandaar dat maar de helft per jaar opgroeit naar het oude reservoir. De sterfte is opgesplitst in natuurlijke (niet geroofde) sterfte en predatiesterfte. Predatiesterfte is dichtheidsafhankelijk en ook afhankelijk van het percentage vegetatiebedekking wat dient als beschutting voor juveniele en oude vis. De aanname is dat 40% van de vis aan predatie kan ontkomen onder volledige vegetatiebedekking. De jonge vis in de polder is onderhevig aan een derde vorm van 'sterfte', namelijk door uitspoeling van het gemaal. Deze sterfte is ongeveer 13% van alle uitgespoelde vis (Laak de, 2009). Dit geldt alleen voor de jonge vis die in de buurt van het gemaal is wanneer het gemaal actief is. Dit is vertaald in het model door een fractie van de totale hoeveelheid vis in het reservoir te nemen en de activiteit van het gemaal per winter (Waterschap Zuiderzeeland, 2010) uit te rekenen (wanneer overwinteringmigratie plaatsvindt), namelijk $G_m=0,34$.



Figuur 8.3: De basis van het blankvoornmodel in een flowchart. Vierkant = Reservoir ; Rond = Flow

De verticale flows staan voor uitwisseling tussen de metapopulaties, namelijk migratie en remigratie (gezien vanuit het Markermeer). Migratie van het Markermeer naar de polder representeert de paaimigratie (van kale markermeer naar polder met vegetatie en warmer water). Remigratie van de polder naar het Markermeer representeert overwinteringmigratie (dieper en groter waterlichaam dus minder kans op dichtvriezen). In dit model is de aanname dat een tijdsstap een jaar beslaat, en dat hierin beide migraties dus tegelijkertijd plaatsvinden. Een tweede aanname is dat het gemaal netto in een jaar water van de polder het Markermeer in pompt, en dat de stroomrichting dus tegen de migratie in- en met remigratie meegaat. Daarmee kunnen de verticale flows als volgt worden omschreven.

Migratie van jonge en oude vis (migratie1 en 2 richting de polder) wordt bepaald door de mate van schaarste van vegetatie en voedselrijkdom in het Markermeer, de passeerbaarheid van de vispassage (van 0 tot 1, waarbij 0 de niet-passeerbare huidige situatie is, en 1 de maximale passeerbaarheid bij nieuwe voorzieningen), de sterkte van de lokstroom (tussen 0 en 1 m/s, gebaseerd op Tauw, 2005), en de voedselbeschikbaarheid in de polder. De aanname is dat wanneer de lokstroom sterk genoeg is (boven de 'drempelwaarde lokstroom'), de vissen de voedselkwaliteit/temperatuur in de polder kunnen ruiken. Wanneer deze voedselrijkdom hoger is dan de voedselrijkdom in het Markermeer geldt dat de migratie alleen nog maar wordt bepaald door de passeerbaarheid van de vispassage. Is de voedselrijkdom lager of de lokstroom te laag, dan geldt dat de vissen meer migreren wanneer de voedselrijkdom en de vegetatiebedekking in het Markermeer schaars zijn. Omdat blankvoorn ook gevoelig is voor temperatuur, zijn geboortebepering en sterftemarges ingesteld op basis van blankvoorn-temperatuur-relaties uit de literatuur (Laak de, 2009). De sterfte wordt 100% onder de 2 °C en boven de 30 °C, en voortplanting vindt alleen plaats in de marge 11,5 - 20 °C. De temperaturen van het oppervlaktewater in het Markermeer en de Flevopolder zijn opgezocht (RWS, 2010) en vallen binnen deze marges.

Voor de remigratie geldt de aanname dat oude vis niet uitspoelt omdat deze sterk genoeg is om aan de stroming van het gemaal te ontkomen.

Deze remigratie wordt bepaald door de passeerbaarheid van het gemaal en de schaarste in voedselrijkdom en vegetatiebedekking in de polder. De remigratie voor jonge vis is echter deels onderhevig aan uitspoeling door het gemaal. De aanname is dat het deel dat de vispassage gebruikt wordt bepaald door de passeerbaarheid van het gemaal, de kracht van de lokstroom (deze werkt tegengesteld aan de lokstroom bij de migratie omdat de vis nu met de stroom mee wil, maar het principe is hetzelfde) en wederom de schaarste in voedselrijkdom en vegetatiebedekking. Het deel dat uitspoelt wordt bepaald door de winteractiviteit van het gemaal (Waterschap Zuiderzeeland, 2010) en de kracht van de lokstroom. Van het deel dat uitspoelt door het gemaal, sterft een percentage dat in het model wordt bepaald door 'sterftepercentage gemaal'. Dit sterftepercentage is volgens STOWA gemiddeld 10% (Alphen van, 2011).

Per tijdstap loop het programma alle stappen in het model af in een bepaalde volgorde. Deze verplaatsing van eenheden uit en in de reservoirs en door de flows kan bepalend zijn voor het gedrag van het systeem. Zo kunnen er tijdelijk negatieve waarden ontstaan, welke praktisch gezien onmogelijk zijn. Het blankvoornmodel is hierop gecontroleerd en er komen geen onmogelijke waarden in het systeem voor.

8.2.2 Formulas

Naast de reservoirs en de flows zijn er in Berkeley Madonna ook nog formules. Dit zijn de primaire waarden waaruit de vergelijkingen in de flows bestaan. Deze formules kunnen constanten zijn, zoals sterftepercentages van vis, of drempelwaarden zoals de kritieke lokstroomsnelheid voor vis om voedselrijkdom waar te kunnen nemen. Berkeley Madonna biedt de mogelijkheid om zogenaamde 'sliders' aan de formules te koppelen waarmee je de waarde kunt veranderen. Hierdoor zie je direct het effect van een formule op de populatiedynamiek. Tegelijkertijd zijn de formules het meest gevoelig voor onjuistheden, aangezien zij lastig te kwantificeren zijn. In bijlage 1 en in tabel 8.2 staan de gebruikte parameterwaarden weergegeven.

8.3 Vertaling van vragen naar het blankvoornmodel

In sectie 2.2 is omschreven hoe het model in elkaar zit en onder welke condities. In deze sectie zal worden uitgelegd hoe met behulp van het blankvoornmodel de onderzoeksvragen beantwoord kunnen worden. Ook zal worden uitgelegd welke acties voor deze analyse zijn uitgevoerd.

8.3.1 Omzetting van onderzoeksvragen

De eerste stap betreft het omzetten van de onderzoeksvragen naar vragen die van toepassing zijn op het blankvoornmodel. In onderstaande tabel 8.1 staan de nieuwe onderzoeksvragen weergegeven.

Tabel 8.1: Een overzicht van de onderzoeksvragen, de bijbehorende modelgerichte thema's en de daaruit volgende modelgerichte vragen

Onderzoeksvragen	Modelgerichte thema's	Modelgerichte vragen
1. Wat is de bijdrage van de ecologische verbindingen aan een veerkrachtig ecologisch systeem?	<ul style="list-style-type: none"> • Passeerbaarheid • Stabiliteit equilibrium 	Wat voor effect heeft de parameter passeerbaarheid op de stabiliteit van de populaties?
2. Hebben de knelpunten effect op populatieniveau?	<ul style="list-style-type: none"> • Carrying capacity • Sterfte gemaal • Lokstroom 	Wat voor effect hebben de horizontale flows op de hoeveelheid vis in equilibrium?
3. Welke parameters hebben de meeste invloed op de populatiedynamica?	<ul style="list-style-type: none"> • Stabiliteit equilibrium • Alle parameters 	Onder invloed van welke parameters verandert de populatiedynamiek het meest?
4. Welke parameters zijn het meest bepalend voor het herstel van een populatiecrash in het Markermeer?	<ul style="list-style-type: none"> • Stabiliteit equilibrium • Alle parameters • INIT markermeer=laag • Reactiesnelheid systeem 	Welke parameters zijn het meest bepalend voor de snelheid en mate van herstel van het equilibrium na een drastische afname in markermeerpopulatie?
5. Hoe schadelijk is uitspoeling van jonge blankvoorn vanuit de polder door het gemaal?	<ul style="list-style-type: none"> • Sterfte gemaal • Activiteit gemaal • Bijdrage gemaal aan populatiedynamiek 	Wat is de invloed van het sterftepercentage en de activiteit van het gemaal op de populatiedynamiek?

De hierboven geformuleerde modelgerichte vragen zijn gebruikt tijdens de uitvoering van het onderzoek. Op basis van deze vragen zijn verschillende scenario's geselecteerd en sliders om formula-waarden te veranderen (zie tabel 8.3). De formula-waarden die in de verschillende scenario's gelijk blijven staan in tabel 8.2 Ook staat in de tabel weergegeven waar de informatie voor waarden en ranges vandaan komt:

Tabel 8.2: De instellingen van de vaste parameters in Berkeley Madonna

Parameter	Afkorting	Eenheid	Herkomst informatie
Natuurlijke sterfte Jong	NS_J	0.1	Expert Judgement
Natuurlijke sterfte Oud	NS_O	0.05	Expert Judgement
Carrying capacity Markermeer	C_M	1000	Laak de, 2010
Carrying capacity Polder	C_P	500	Laak de, 2010
Voedselbeschikbaarheid Markermeer	Vbh_M	0.2	Nvt
Voedselbeschikbaarheid Polder	Vbh_P	0.75	Nvt
Temperatuur Polder Zomer	TPZ	17	Laak de, 2010
Temperatuur Polder Winter	TPW	8	Laak de, 2010
Temperatuur Markermeer Zomer	TMZ	15	Laak de, 2010
Temperatuur Markermeer Winter	TMW	10	Laak de, 2010
Birth Rate (geboortecijfer)	BR	40	Nvt
Initiële waarde polder jong	INIT_PJ	10	Nvt
Initiële waarde polder oud	INIT_PO	10	Nvt
Death gemaal (sterfte gemaal)	D_gm	0.13	Laak de, 2010

8.3.2 Scenario's

Deze alinea bespreekt de verschillende scenario's die in deze modelstudie geselecteerd zijn. Samen geven zij inzicht in de dynamiek van het systeem. Met behulp van deze scenario's beantwoordt dit model de onderzoeksvragen.

In scenario 0 staan de initiële waarden van de populatie in het Markermeer op 0 en is er geen verbinding met de polder. Dit scenario dient ter controle van het model en om te onderbouwen dat er onder deze omstandigheden geen populatie opbouwt. De instellingen in scenario 1 zijn gelijk, alleen is er nu wel een initiële populatie aanwezig.

In scenario 2 is de populatie afwezig maar staat het Markermeer in verbinding met de Flevopolder via de vispassage. Het gemaal zelf staat echter uit.

In scenario 3 is er geen vispassage maar staat het gemaal aan. Er is ook een initiële populatie aanwezig in het Markermeer.

Scenario 4 is een combinatie van de voorgaande scenario's. De vispassage is ingeschakeld, het gemaal staat aan en er is een initiële populatie in het Markermeer aanwezig. Dit scenario simuleert de waarschijnlijke toestand wanneer een vispassage wordt aangebracht bij gemaal de Blocq van Kuffler.

In scenario 5 wordt de kwaliteit in de Flevopolder en het Markermeer gewijzigd door de voedselbeschikbaarheid en het vegetatiepercentage aan te passen. Er is in dit scenario een relatief betere conditie in het Markermeer gesimuleerd t.o.v. de Flevopolder.

Ten slotte is scenario 6 een controlesituatie waarbij de verbinding met de Flevopolder afwezig is. De voedselbeschikbaarheid en het vegetatiepercentage in het Markermeer zijn verhoogd waardoor het effect hiervan kan worden bekeken, los van de verbinding.

In onderstaande tabel 8.3 zijn de variërende parameters weergegeven met de toegekende waarde per scenario. Ook staat in de tabel weergegeven waar de informatie vandaan komt.

Tabel 8.3: De instellingen van de variërende parameters in Berkeley Madonna									
Parameter	Afkorting / Scenario	0	1	2	3	4	5	6	Herkomst informatie
Passerbaarheid	Pbh	0	0	1	0	1	1	0	Nvt
Lokstroom	Ls	0	0	1	0	1	1	0	Kroes & Monden, 2005; Tauw, 2010
Vegetatiepercentage Markermeer	V_M	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	Nvt
Vegetatiepercentage Polder	V_P	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.1	0.1	Nvt
Initiële waarde jong Markermeer	INIT_JM	0	5	0	5	5	5	5	Nvt
Initiële waarde oud Markermeer	INIT_OM	0	5	0	5	5	5	5	Nvt
Voedselbeschikbaarheid Markermeer	Vbh_M	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	Nvt
Voedselbeschikbaarheid Polder	Vbh_P	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.2	0.2	Nvt
Winteractiviteit Gemaal	Gm	0	0	0	0.34	0.34	0.34	0	Zuiderzeeland, 2010

9 RESULTATEN

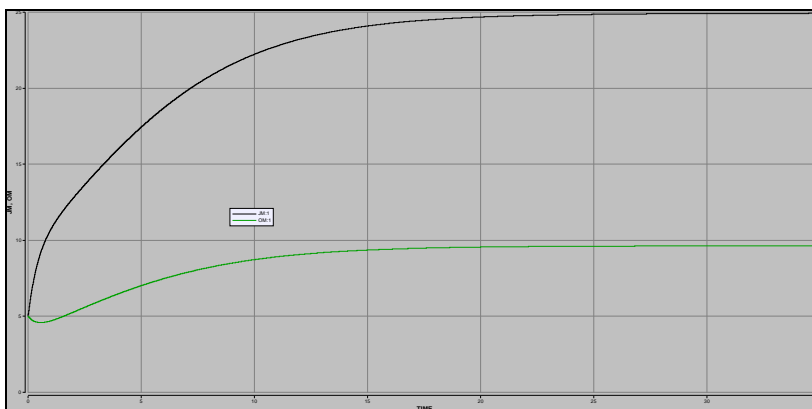
In de inleiding is besproken wat de context is van dit onderzoek en welke vragen centraal staan. Nadat in de materiaal en methoden is uitgelegd hoe dit gedaan wordt volgt nu de resultaten sectie. Hierin staan de uitkomsten van de verschillende scenario's weergegeven.

9.1 Scenario 0

De Markermeerpopulatie blijft op 0 (geen begin waarden en geen verbinding met polder) waardoor er geen grafiek ontstaat.

9.2 Scenario 1

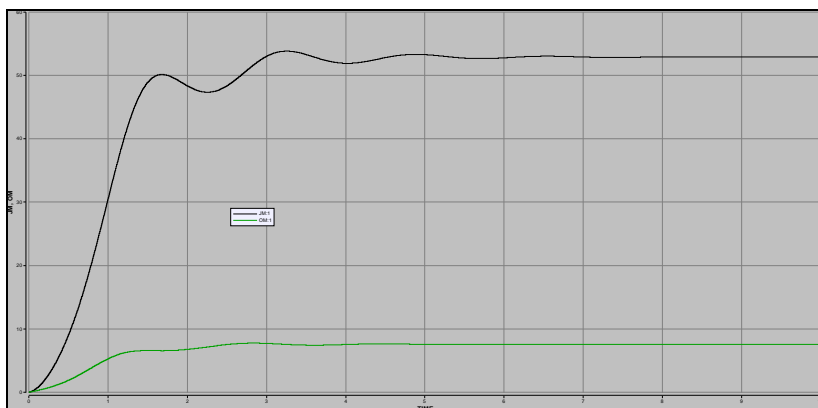
Scenario 1 heeft nog steeds geen verbinding met de polder, maar de beginpopulatie staat op Jong Markermeer (JM) 5 en Oud Markermeer (OM) 5.



De stabiele situatie treedt op bij ongeveer $t=35$ voor JM en $t=30$ voor OM. OM gaat naar 10 en JM naar 25. * Bij het veranderen van de beginwaarden verandert alleen het moment waarop stabiliteit bereikt wordt (hogere beginwaarde=eerder stabiel) maar niet de eindwaarden!*

9.3 Scenario 2

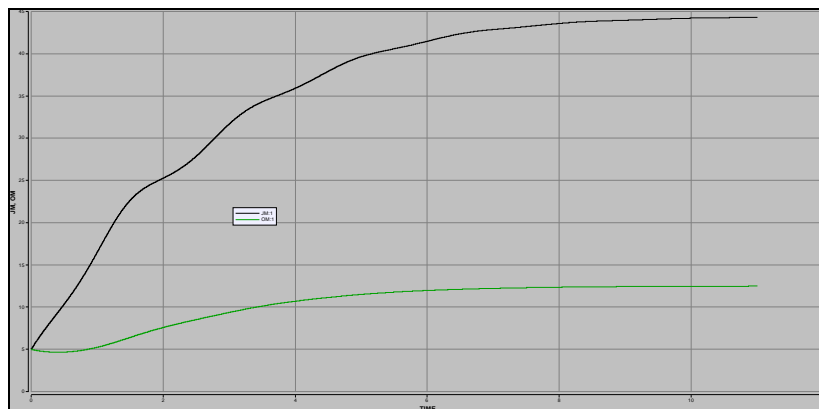
In dit scenario zijn de vispassage (pbh) en de lokstroom (ls) 100% effectief. De populatie in het Markermeer begint net als in scenario 0 op 0, maar de aanvoer vanuit de polder zorgt nu voor een stabiele situatie van OM bij ongeveer $t=8$ en voor JM bij $t=10$.



OM gaat afgerond naar 8, en JM naar 53. De Jonge populatie komt dus op een hoger peil uit. Zowel Jong als Oud komen uit in een lagere stabiele toestand dan scenario 1. Dit gebeurt bij ongeveer $T=6$ voor OM en $T=8$ voor JM.

9.4 Scenario 3

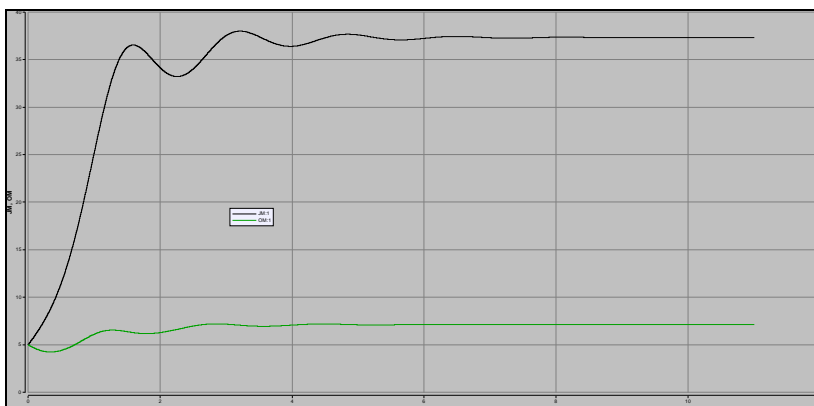
In dit scenario is het gemaal actief gemaakt (gm), met afwezigheid van een vispassage. Net als in scenario 1 heeft de populatie begin waarden van JM5 en OM5. Dit scenario is daarmee representatief voor de huidige situatie met het gemaal de Blocq van Kuffler tussen de Flevopolder en het Markermeer.



JM komt uit op 44 en OM komt uit op 12. De stabiele toestand wordt bereikt op ongeveer $T=12$ voor OM en $T=14$ voor JM. Interessant genoeg komen beide populaties dus sneller in een stabiele toestand dan scenario 1, en zowel de JM als OM populatie eindigen in een hogere stabiele situatie (JM= 44 vs. 25, verklaard door de uitspoeling overlevende vis; OM=12 vs 10, als gevolg van opgroei jonge vis).

9.5 Scenario 4

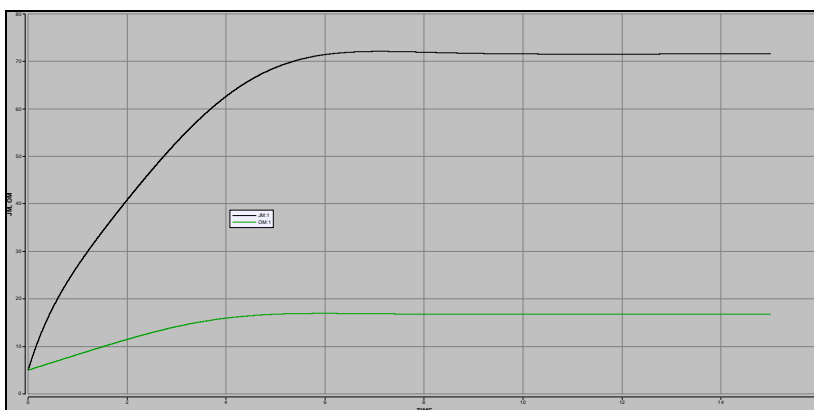
In dit scenario zijn 3 en 2 gecombineerd. Het gemaal staat aan (Gm) en de vispassage (Pbh+Ls) is 100% effectief. De initiële waarden van JM en OM staan beide op 5.



OM is stabiel bij ongeveer $T=8$ en JM bij $T=10$. OM is stabiel op 7 en JM op 37. Beide lijden dus onder de activiteit gemaal in vergelijking met scenario 2. Scenario 3 laat echter zien dat de aantallen hoger zijn zonder lokstroom. Dit komt omdat de omstandigheden in de polder beter zijn en dus migratie richting de polder op gang komt.

9.6 Scenario 5

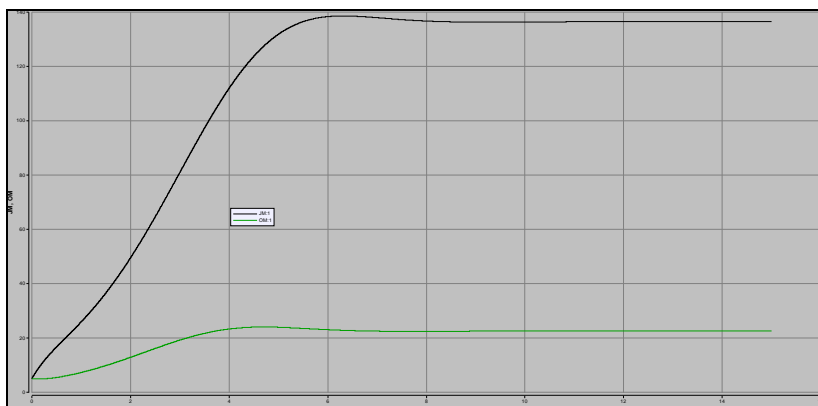
Om te onderzoeken of het verschil van scenario 4 inderdaad komt door de vegetatie ($V_M; V_P$) en voedselbeschikbaarheid ($Vbh_M; Vbh_P$), zijn in scenario 5 die parameterwaarden hoger gemaakt in het Markermeer dan in de Flevopolder (zie tabel 8.3). De beginwaarden van de populatie in het Markermeer zijn nog steeds 5 en zowel het gemaal (GM) als de vispassage ($Pbh; Ls$) staan aan/zijn actief.



De populaties OM en JM worden respectievelijk stabiel op ongeveer $T=10$ en $T=14$ en de waarden zijn $JM=72$ en $OM=17$. De jonge en oude vispopulaties stijgen dus naar veel hogere dichtheden, omdat de migratiestroom richting het Markermeer nu domineert vanwege de gunstige omstandigheden.

9.7 Scenario 6

In dit laatste scenario is de kwaliteit van het Markermeer veel beter ($V_M; Vbh_M$). OM wordt stabiel bij ongeveer $T=10$ en JM wordt stabiel bij ongeveer $T=12$.



JM is in stabiele situatie 136 en OM is 23. In vergelijking met scenario 1 is de stabiele toestand dus veel gunstiger en deze wordt sneller bereikt.

9.8 Samenvatting resultaten

Om alle resultaten overzichtelijk weer te geven staan hieronder een reeks tabellen getoond. Hieronder staan de eindwaarden van elk scenario weergegeven in tabel 9.1. Scenario 0 is weggelaten omdat deze slechts diende als positieve controle. De waarden zijn afgerond naar hele getallen.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Jong stand	25	53	44	37	72	136
Oud stand	10	8	12	7	17	23
Jong tijd	35	10	14	10	14	12
Jong tijd	30	8	12	8	10	10

De bovenstaande resultaten zijn het product van het gecreëerde model. De bijbehorende waarnemingen zijn niet afdoende om conclusies te trekken met betrekking tot de onderzoeksvragen. Om tot een beargumenteerd advies te komen, dienen de resultaten eerst te worden geïnterpreteerd en in een ecologische context te worden geplaatst. In de discussie zal de interpretatie en analyse van de verkregen resultaten aan bod komen.

10 DISCUSSIE

Deze analyse van de verbinding tussen de Flevopolder en het Markermeer is ingesteld met als doel 5 belangrijke onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden binnen het NMIJ-thema ecologische verbindingen. Met behulp van bovenstaande scenario's in het blankvoornmodel in Berkeley Madonna kunnen deze vragen worden beantwoord. De resultaten zullen in deze sectie worden geanalyseerd en geïnterpreteerd.

10.1 Analyse

In de resultatensectie is een aantal belangrijke inzichten naar voren gekomen. Zo is de standaard situatie met een beginpopulatie in het Markermeer (scenario 1) van zichzelf redelijk gunstig maar duurt het heel lang om de stabiele situatie te bereiken. Dit houdt in dat er veel meer constantie (geen grote veranderingen) benodigd is en dat herstel onder deze condities lang duurt. In het licht van deze resultaten komt heel duidelijk naar voren dat het effect van een vispassage op het systeem heel effectief is. Bij het ontbreken van een vispopulatie in het Markermeer wordt deze heel snel naar een stabiele situatie gebracht door migrerende vis vanuit de Flevopolder. De vissen in de polder groeien snel omdat ze zich in gunstige omstandigheden bevinden (voedsel en vegetatie), waardoor in het Markermeer drie keer zo snel een stabiele toestand wordt bereikt die voor de jonge populatie hoger is dan in scenario 1.

Scenario 2 en scenario 3 geven aan dat de oude populatie minder effect ondervindt van de vispassage en dat deze meer onder invloed is van de beginsituatie. De oude populatie reageert met een vertraging op de jonge populatie, en dit is vanuit biologisch oogpunt te verklaren door de hogere doorstroom tijd van de jonge populatie.

Scenario 4 laat zien dat de populatie bij werking van het gemaal in combinatie met de vispassage heel snel in de stabiele situatie komt, maar dat deze voor de oude vis het laagst is van alle scenario's en voor jonge vis bijna net zo laag als scenario 1. De biologische interpretatie hiervan is dat de vis in het Markermeer de betere conditie in de polder optimaal kan waarnemen en dat de vispassage optimale migratie faciliteert.

De controlesituatie in scenario 5, waarin de condities in het Markermeer beter zijn dan in de polder, laat zien dat de populaties veel groter worden dan in alle andere scenario's. De condities in het Markermeer zijn beter dan die in de Polder en zodoende is de migratie van blankvoorn richting het Markermeer groter.

De laatste controle in scenario 6 toont duidelijk aan dat de kwaliteit in het Markermeer zelf, afgezien van de verbinding met de Flevopolder, van groot belang is voor de toestand van de populatie. De snelheid waarmee de stabiele toestand bereikt wordt indiceert dat de populatie een stuk robuuster wordt door de verhoogde kwaliteit.



Figuur 10.1: Een vispassage kan groot effect hebben op de robuustheid van een populatie

Opmerkelijk is dat zowel de jonge als de oude populatie in dit scenario hoger uitkomt dan met vispassage. Dit komt doordat de migratie naar de polder ondanks de beter condities in het Markermeer plaats blijft vinden. In het model domineert deze migratiefactor kennelijk over de levensdynamiek in het Markermeer.

10.2 Gevolgen

De analyse heeft een aantal belangrijke punten aan het licht gebracht wat betreft de populatiedynamica van het blankvoornmodel. In deze alinea wordt besproken wat de gevolgen zijn van deze analyse. Deze gevolgen zullen de basis zijn voor de antwoorden op de gestelde onderzoeksvragen.

De resultaten laten goed zien dat de dynamiek in het Markermeer afhankelijk is van de draagkracht van het systeem en de toegang tot externe systemen. De draagkracht van het Markermeer, die in het model bepaald wordt door vegetatie en voedselbeschikbaarheid, is in de realiteit heel laag. Het model laat goed zien dat de opbouw van een stabiele populatie lang duurt bij lage ecologische kwaliteit. Verhoging van deze kwaliteit heeft een direct effect op de carrying capacity maar ook op de habitat parameters die de groei en predatiedruk controleren. Dit is biologisch gezien te verklaren doordat het systeem robuuster wordt wanneer het habitat gunstiger is. Aangezien het verbeteren van de kwaliteit in het Markermeer ook binnen andere doelstellingen dan de visstand wordt beoogd is dit een zeer belangrijke investeringsfactor.

De activiteit van het gemaal heeft ook een positief effect op de populatie in het Markermeer. Dit effect is echter heel klein in vergelijking met de vispassage. Dit is te verklaren doordat oude vis niet door het gemaal gaat (ze zijn sterk genoeg om weg te zwemmen) en doordat een deel van de vis sterft door het gemaal. De vispassage heeft een zeer belangrijk effect op zowel de grootte van de populatie als de snelheid het bereiken van een stabiele situatie. Vanuit biologisch perspectief is dit te verklaren doordat de populatie kan paaien en aan kan sterken in de polder en zonder problemen van de Flevopolder naar het Markermeer en vice versa kan migreren. In de realiteit is een vispassage echter slechts een zeer kleine verbindingzone in vergelijking met de oppervlakte van het meer. De verwachting is dan ook dat het aanleggen van vispassages vooral lokaal effectief is, en dat het alleen een groot effect heeft wanneer op meerdere plaatsen vispassages worden aangelegd. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) heeft hiervoor een plan opgesteld en pakt de komende jaren vismigratieproblematiek in Noord-Holland aan (Kroes et al., 2008). Waterschap Zuiderzeeland heeft aangegeven de komende jaren niet te investeren in vismigratie van en naar het Markermeer, maar de verbinding tussen het Markermeer en het IJsselmeer is opgenomen in het beleidsplan voor de Europese Aal (CBS, 2010)

Ten slotte is de synergie tussen de lokale verbetering en de verbinding met achterland van wezenlijk belang. Wanneer vispassages worden aangelegd is het vooral voor jonge vis belangrijk om in de nabijheid van deze passage in geschikt habitat te voorzien. Omdat in het model geen ruimtelijke factor zit komt dit niet terug in de resultaten. Echter, op basis van ecologische kennis kan worden gesteld dat de nabije beschikbaarheid van geschikt areaal limiterend is voor de effectiviteit van de vispassage. Dit betekent dat de voorzieningen in het Markermeer dus prioriteit hebben.

10.3 Beantwoorden onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen zijn in sectie 8.3.1 omgezet naar vragen die specifiek zijn voor het gebruik van het blankvoornmodel. Deze toegepaste vragen staan hieronder weergegeven en zullen op basis van de verkregen informatie kort worden beantwoord.

10.3.1 De toegepaste onderzoeksvragen

- Wat voor effect heeft de parameter passeerbaarheid op de stabiliteit van de populaties?
 - De parameter passeerbaarheid heeft een positief effect op de stabiliteit van de populatie blankvoorn in het Markermeer.
- Wat voor effect hebben de horizontale flows op de hoeveelheid vis in equilibrium?
 - De horizontale flows hebben een positieve werking op de hoeveelheid vis in equilibrium in het Markermeer wanneer het vegetatiepercentage en de voedselbeschikbaarheid hoger zijn dan in de Flevopolder, en een negatieve werking wanneer dit andersom is.
- Onder invloed van welke parameters verandert de populatiedynamiek het meest?
 - De populatiedynamiek verandert het meest onder invloed de parameters passeerbaarheid en lokstroom.
- Welke parameters zijn het meest bepalend voor de snelheid en mate van herstel van het equilibrium na een drastische afname in de Markermeerpopulatie?
 - De parameters passeerbaarheid, lokstroom en carrying capacity zijn het meest bepalend voor de snelheid en mate van herstel van het equilibrium na een drastische afname in de Markermeerpopulatie.
- Wat is de invloed van het sterftepercentage en de activiteit van het gemaal op de populatiedynamiek?
 - De invloed van het sterftepercentage en de activiteit van het gemaal op de populatiedynamiek is nagenoeg verwaarloosbaar.

Op basis van bovenstaande toegepaste antwoorden kunnen de initiële onderzoeksvragen worden beantwoord. De initiële onderzoeksvragen met de bijbehorende antwoorden staan hieronder weergegeven.

10.3.2 De initiële onderzoeksvragen

- **Op welk locaties zijn vispassages en ecologische het meest effectief voor het realiseren van het gewenste visbestand?**
 - Deze vraag is nog niet te beantwoorden: uitbreiding met meerdere modellen volgen nog.
- **Wat is het ecologisch rendement van de genoemde verbindingen?**
 - Nog in te vullen...
- **Hebben de knelpunten effect op populatieniveau?**
 - Nee, in principe niet. Als de populatie stabiel is hebben knelpunten geen direct effect op het populatieniveau. Echter, de knelpunten beperken de bijdrage van naburige metapopulaties welke essentieel kan zijn voor de hoeveelheid en stabiliteit van het populatieniveau.

- **Wat is de bijdrage van de ecologische verbindingen aan een veerkrachtig ecologisch systeem?**
 - De bijdrage is zeer groot. De robuustheid neemt drastisch toe als gevolg van een ecologische verbinding vanwege de uitwisseling met naburige metapopulaties.
- **Welke parameters hebben de meeste invloed op de populatiedynamica?**
 - De belangrijkste parameters zijn passeerbaarheid en lokstroom, welke samen de vispassage representeren. De invloed van vegetatie en voedselbeschikbaarheid zijn ook zeer belangrijk en bepalen de draagkracht van het systeem. Tevens dient er voldoende vegetatie en voedsel aanwezig te zijn in de nabijheid van het gemaal voor een toegevoegde waarde van het gemaal.
- **Welke parameters zijn het meest bepalend voor het herstel van een populatiecrash in het Markermeer?**
 - Wanneer er sprake is van een volledige crash (100% is zeer onwaarschijnlijk maar theoretisch mogelijk) dan zijn de meest bepalende parameters passeerbaarheid en lokstroom, welke samen de vispassage representeren. Zonder ecologische verbinding kan het systeem niet heropbouwen, en sterft de blankvoorn er uit. Met een gedeeltelijke crash (naar zeer lage hoeveelheden vis) is vooral de vegetatie belangrijk omdat dit paaihabitat levert en predatiedruk reduceert. In de realiteit is geschikt habitat een essentiële factor die aanwezig moet zijn in het Markermeer, omdat de toevoer vanuit de polder geen populatie in stand kan houden.
- **Hoe schadelijk is uitspoeling van jonge blankvoorn vanuit de polder door het gemaal?**
 - Het sterfte effect van uitspoeling is nauwelijks van belang voor de populatie in het Markermeer. Het heeft wel effect op de populatie in de Flevopolder, maar dit is niet direct van belang voor dit onderzoek. Het enige negatieve effect dat het heeft is dat de aanvoer van vis via uitspoeling het Markermeer in omvang lager is, vanwege de sterfte. Dit is echter verwaarloosbaar in vergelijking met de totale populatiedynamiek. Het is echter belangrijk om te vermelden dat dit afhangt van de parameterinstellingen. Hoewel deze door literatuur onderbouwd zijn, bepalen zij de grootte van het effect van uitspoeling.

10.4 Extrapolatie naar andere vissoorten

In het rapport over ecologische verbindingen en habitatdiversiteit van Herpen, van (2010) staat een tabel met soorten waarvoor het Markermeer belangrijk is in migratiegedrag. Dit zijn aal, spiering, driedoornige stekelbaars, rivierdonderpad, snoekbaars en baars. Deze alinea beschrijft de extrapolatie van de uitgevoerde modelstudie naar andere vissoorten in het Markermeer.

10.4.1 Aal

Voor de aal heeft de aanleg van een vispassage mogelijk ook een positief effect. Vooral voor de jonge aal is geschikt areaal met voldoende beschutting belangrijk. Het achterland van het Markermeer biedt een vergroot habitat wanneer dit bereikbaar wordt gemaakt. Echter, de aandacht van migratie van deze anadrome soort ligt is vooral gericht op de verbinding tussen het Markermeer en het IJsselmeer. Daarnaast zijn voor de aal eenvoudigere vispassages mogelijk (aalgoten) welke een stuk goedkoper zijn in de aanleg.

10.4.2 Spiering

De uitgevoerde studie is naar verwachting niet van toepassing op de spiering. De spiering in het Markermeer is een niet-migrerende soort welke een korte levenscyclus heeft van een jaar. Daarnaast is de schade tijdens uitspoeling vanuit de polders minimaal omdat de spiering niet groot wordt (ongeveer 10 cm).

10.4.3 Driedoornige stekelbaars

De driedoornige stekelbaars is een anadrome soort welke belangrijk voedsel is voor vogels zoals de lepelaar (soortenbank.nl). Omdat de soort tussen zoute zoete systemen trekt zijn verbindingsmogelijkheden belangrijk. Aanleg van vispassages naar de polders horen hier ook bij. De verwachting is dat vispassages een positief effect hebben op de driedoornige stekelbaars in het Markermeer.

10.4.4 Rivierdonderpad

De rivierdonderpad is een Natura-2000 doelsoort voor het Markermeer. Deze soort heeft echter een zeer klein leefgebied en migreert niet. Voor de instandhouding van deze soort zijn vispassages dus niet van belang.

10.4.5 Snoekbaars

De aanleg van vispassages van en naar het Markermeer is zeer belangrijk voor de snoekbaars. Deze soort komt in Nederland voor in alle grote, troebele wateren en vertoont paaimigratie.

10.4.6 Baars

De aanleg van vispassages van en naar het Markermeer is zeer belangrijk voor de baars. Deze soort vertoont paaimigratie en legt haar eieren in ondiep water. Het beschikbaar stellen van geschikt areaal door aanleg van vispassages heeft naar verwachting een positief effect op de baarspopulatie in het Markermeer.

10.4.7 Vissen algemeen

In principe is de aanleg van vispassages positief voor alle migrerende vis die voorkomt in het Markermeer. Hierbij gaat het om veel soorten Cyprinidae zoals rietvoorn en brasem, maar ook Percidae zoals de genoemde baars. Voor niet-migrerende vis heeft de aanleg van een vispassage niet direct een negatief effect. Mogelijk vormt het positieve effect op andere soorten een concurrentiedruk op niet-migrerende soorten, maar vanwege de grootte van het Markermeer en de verspreidheid van de mogelijke vispassages is dit effect niet waarschijnlijk.

11 CONCLUSIE

Met behulp van een dynamisch puntmodel is getracht om het effect van ecologische verbindingen te onderzoeken. De antwoorden op de onderzoeksvragen die in de bovenstaande discussie verkregen zijn leveren de benodigde argumenten om een conclusie te trekken over het onderzoek. De antwoorden bevestigen namelijk de hypothese dat een vispassage een positief effect heeft op de visstand in het Markermeer. De tweede hypothese, dat de visstand in het Markermeer robuuster wordt door het aanbrengen van een vispassage en dat het populatieniveau na een crash sneller op peil wordt gebracht, is ook bevestigd. De draagkracht van het Markermeer wordt bepaald door het areaal aan geschikt oppervlak, en dit is in de eerste plaats belangrijk om de vispopulatie in het meer uit te kunnen breiden.

DEEL III: Aanbevelingen



12 AANBEVELINGEN

Aanbevelingen voor nader onderzoek

Om in de toekomst het onderzoek en de voortgang binnen de effectbeoordeling ecologie te kunnen verbeteren, wordt bij dezen een aantal aanbevelingen gedaan. Het modelleren van ecologie is zeer complex en versimpeling van de realiteit leidt snel tot onnauwkeurigheden. In het gebruik van Habitat biedt deze onnauwkeurigheid nog kansen voor verbetering.

Een eerste aanbeveling is om de rekenregels uit te breiden, te valideren en meer interactief te maken. Ondanks dat HABITAT niet dynamisch is, zou als input voor groep A wel de output van groep B kunnen worden genomen, waardoor de effecten van maatregelen verder doorvertaald worden. Dit gebeurt op dit moment nog te weinig. Daarnaast is het wenselijk om HABITAT van een postprocessing module te voorzien, zodat de gegevens van verschillende scenario's vergeleken en afgewogen kunnen worden. In een dergelijke postprocessing zijn geschatte kosten, duur van aanleg en ontwikkeling en (ecologische) belangrijke aspecten. Zowel de verbetering in rekenregels als de postprocessing mogelijkheid dragen bij aan het gebruikersgemak van het programma.

Het veldonderzoek dat in het Markermeer wordt verricht, kan worden gelinked aan het gemaakte HABITAT model. Rekenregels kunnen specifiek voor het Markermeer worden gevalideerd en het creëert de mogelijkheid om het model beter af te stemmen op bijvoorbeeld het hoge slibgehalte in het systeem. Voor bijvoorbeeld fytoplankton resulteren de rekenregels in afwijkende waarde vanwege het hoge slibgehalte waar de regels geen rekening mee houden.

Daarnaast zouden nieuwe berekeningen in het door Deltares ontwikkelde slibmodel, afgestemd op de recente ideeën van de beoogde maatregelen, slibgegevens opleveren die beter aansluiten bij het huidige plan; dit is bevorderlijk voor de kwaliteit van het HABITATmodel.

13 LITERATUUR

Aarts en Bruinzeel, 2009, SOVON en Altenburg & Wymenga, *de nationale windmolenrisicokaart voor vogels*. In opdracht van Vogelbescherming Nederland. Rapportnummer 710600

Adrian, R., O'Reilly, C.M., Zagarese, H., Baines, S.B., Hessen, D.O., Keller, W., Livingstone, D.M., Sommaruga, R., Straile, D., Donk, van E., Weyhenmeyer, G.A. and Winder, M., 2009, *Lakes as sentinels of climate change*. Limnological Oceanography, volume 54, issue 6, pages 2283-2297

Alphen van, J., 2011, in opdracht van Stowa, *Onderzoek visvriendelijkheid van gemalen*. Presentatie van J. van Alphen. Presentatie, gehouden op 10-03-2011

Arntz, Baarn en Kroes, 2010, Vispassages in de Leigraaf, ontwerp van vier de Witvispassages. In opdracht van waterschap Aa en Maas.

Baerwald, Erin F., Genevieve H. D'Amours, Brandon J. Klug and Robert M.R. Barclay. "Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines." 2008. Current Biology [Volume 18, Issue 16](#), R695-R696

Baldwin, B.S., Mayer, M.S., Dayton, J., Pau, N., Mendilla, J., Sullican, M., Moore, A., Ma, A., and Mills, E.L., 2002, *Comparative growth and feeding in zebra and quagga mussels (Dreissena polymorpha, and Dreissena bugensis): implications for North American Lakes*. Canadian Journal of Fish Aquatic Science, volume 59, pages 680-694.

Brekelmans, F. en Limpens H., Bureau Waardenburg 2010, *Vleermuizen in stedelijk gebied. Van knelpunt naar oplossing, casus Corlaer te Amersfoort*. Powerpointpresentatie, geraadpleegd op 11-05-2010, <http://www.vleermuizenindestad.nl/node/68>

Carlton, D.W. en Johnson, L.E., 2000, *Variation in growth rates of the Zebra mussel, Dreissena polymorpha, within lake Wawasee*. Freshwater Biology, volume 45, pages 443-451

CBS, PBL, Wageningen UR (2010). Achteruitgang paling (glasaal) (indicator 1227, versie 04, 15 juni 2010). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Chironomid homepage. Geraadpleegd op 11-05-2011. <http://insects.ummz.lsa.umich.edu/~ethanbr/chiro/index.html>

Dawaco, 2011. Databank Water en Ecologie. www.dawaco.com, geraadpleegd op 30-3-2011.

Deltares, 2009, *Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem in het Markermeer IJmeer, kwantificering van het effect van de voorgestelde maatregelen met HABITAT*. In opdracht van Provincie Flevoland.

Deltares, 2010, *Wetenschappelijk tussentijds advies 2010 ANT-IJsselmeergebied, vijf jaar studie naar kansen voor het ecosystem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen*. In opdracht van Rijkswaterstaat, rapportnummer 1202088-000-ZWS-0007-vj.

Droog, M.C.E., 2011, *Ecologische verbindingen: de meervleermuis (Myotis dascyneme)*. Rapport in opdracht van Royal Haskoning, juni 2011

European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 2007, *Impact assessment of the Renewable energy Roadmap: The impact of a minimum 10% obligation for biofuel use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets*. http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/markets/biofuel/impact042007/text_en.pdf, Consulted in april, 2011.

European Commission Environment, 1992, *Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*. Official Journal Volume 206, pages 7-50.

European Parliament and the Council of the European Union, 2009, *Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council on the conservation of wild birds*. Official Journal of the European Union, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:020:0007:0025:EN:PDF>, consulted in April 2011.

Grontmij, 2007, *Workshop ecologie IJmeer-Markermeer. De resultaten (verslaglegging)*. Projectnummer 240656.

HABITAT-wiki, geraadpleegd in Januari 2010, <http://public.deltares.nl/display/HBTHOME/Home>.

Herpen van, F., 2010, *Ecologische verbindingen en habitatdiversiteit. Initiële bureaustudie*. In opdracht van Rijkswaterstaat Diens IJsselmeergebied.

Herpen van F., Held, den S. and Noordhuis R., 2010, *Habitatdiversiteit, initiële bureaustudie*. In opdracht van Rijkswaterstaat dienst IJsselmeergebied.

Hondzo, M. and Stefan, H.G., 1993, *Regional water temperature characteristics of lakes subjected to climate change*. Climate change, volume 24, pages 187-211.

Hoog van 't A, Leeuw de JJ, 2008, *Het komkommervisje. Onopvallende spil in het IJsselmeer dreigt te verdwijnen*. Visionair volume 10, pages 36 – 39.

Hurlbert, A.H., Anderson, T.W., Sturm, K.K. and Hurlbert, S.H., 2007, *Fish and fish-eating birds at the Salton Sea: a century of boom and bust. Lake and reservoir Management*, volume 23, pages 469-499.

IPCC, 2007, *Climate change 2007, the physical science basis. Working group I contribution to the fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (eds.)] Published by Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-70596-7.

Kennedy, C.R., Shears, P.C. and Shears, J.A., 2001, Long-term dynamics of *Ligula intestinalis* and roach *Rutilus rutilus*: a study of three epizootic cycles over thirty-one years. *Parasitology*, volume 123, pages 257-269.

Kessel van, T, Boer de, G. en Boderie, P., 2009, *Calibration suspended sediment model KNMI, 2006, Huidige KNMI'06 Scenario's*. <http://www.knmi.nl/klimaatscenarios/knmi06/>, consulted in march,2011.

Knoben R.A.E. en Boderie, P., 2010, *Integraal tussenadvies NMIJ 2010 deel B. Inhoudelijke onderbouwingen en onderzoeksresultaten per thema en maatregelen*. In opdracht van Rijkswaterstaat dienst IJsselmeergebied.

Kroes, M.J., Caldenhoven, R., Veerman, F.M., Beentjes, R., Groen, W., Zierfuss, S. en Mulder, T., 2008, *Vismigratie vice versa, Strategisch plan voor het oplossen van vismigratieknelpunten in het beheersgebied van Hollands Noorderkwartier*. Va 2008 07, Visadvies en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Kroes, M.J. & S. Monden, 2005. *Vismigratie - Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland*, OVB & ANIMAL, Brussel.

Laak de, G.A.J., 2009. Kennisdocument blankvoorn *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 32. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Myers, R.A., Hutchings, J.A. and Barrowman, N.J., 1997, *Why do fish stocks collapse? An example of cod in atlantic Canada*. *Ecological applications*, volume 7, issue 1, paginas 91-106.

Oranjewoud BV, 2009, *Programma Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer 2009-2015*. Versie 3. Uitgegeven door en in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied.

Otto, R.G., Deangelis, D.L., Barnthouse, L.W. and Winkle van, W., 1990, A critical appraisal of population approaches in assessing fish community health. *International association of Great Lakes Research*, volume 16, issue 4, pages 576-590.

Peters, J.S., 2005. *Kennisdocument rivierdonderpad Cottus gobio* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 9. OVB / Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Portielje, J., 2005, *Stuurbaarheid ecologische doelvariabelen KRW-abundantie in meren*. RIZA werkdokument 2005.018X.

Quayle, W.C., Peck, L.S., Peat, H., Ellis-Evans, J.C. and Harrigan, P.R., 2011, *Extreme responses to climate change in Antarctic lakes*. *Science*, volume 295, page 645.
Tauw, 2005. *Effectiviteit van gerealiseerde vispassages in Nederland*. Schreuders, C.G., Brem, H.J. & W.J. Quist, Tauw, Deventer.

Riemersma, P., 1994. Biologische aspecten bij het ontwerp van vispassages. In: Raat, A.J.P.(red.), 1994, Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland. Lezingen en posterpresentaties van de studiedag Vismigratie 1993. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.

Sportvisserij Nederland, *Viswatertypering deel1: Ondiepe wateren*.
www.sportvisserij nederland.nl/include/downloadFile.asp?id=988 geraadpleegd op 22-03-2011.

Stowa, 2010, *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water*.

Bij de Vaate, A., 2008. *Het voorkomen van zoetwatermosselen van het geslacht Dreissena, de Driehoeksmossel en de quaggamossel, in het Hollandsch Diep*.
Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2008/01

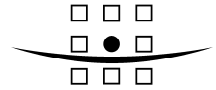
Vijverberg, T. en Boderie, P., 2008, *Analyse scenarioberekeningen Markermeer*.
Deltares rapport Q4613

Waterbase, 2010. Waterdata webapplicatie van Rijkswaterstaat.
http://www.rijkswaterstaat.nl/water/scheepvaartberichten_waterdata/historische_waterdata/waterbase/index.aspx; Geraadpleegd op 6-04-2011.

Waterschap Zuiderzeeland, 2010
http://www.zuiderzeeland.nl/voldoende_water/gemalen_in_flevoland/gemaal_de_blocq_van. Geraadpleegd op 28-03-2011.

Witteveen en Bos. Habitat Geschiktheid Index model Rivierdonderpad. 1993

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1 **Vergelijkingen Blankvoorn model**

Een overzicht van alle vergelijkingen die in het blankvoorn model zitten.

{Top model}

{Reservoirs}

$$d/dt(JM) = (B_M + R_J - M_J - D_JM - Gr_M)$$

$$INIT JM = 10$$

$$d/dt(JP) = (B_P + M_J - R_J - D_JP - Gr_P)$$

$$INIT JP = 10$$

$$d/dt(OM) = (Gr_M + R_O - M_O - D_OM)$$

$$INIT OM = 10$$

$$d/dt(OP) = (Gr_P + M_O - R_O - D_OP)$$

$$INIT OP = 10$$

{Flows}

$$Gr_P = 0.5 * JP * (1 - ((JP / C_P)))$$

$$Gr_M = 0.5 * JM * (1 - ((JM / C_M)))$$

$$B_P = OP * BR * V_P * (1 - ((OP / C_P)))$$

$$B_M = OM * BR * V_M * (1 - ((OM / C_M)))$$

$$D_JM = (JM * (Pr_JM + NS_J))$$

$$D_OM = (OM * (Pr_OM + NS_O))$$

$$D_JP = (JP * (Pr_JP + NS_J))$$

$$D_OP = (OP * (Pr_OP + NS_O))$$

$$R_J = (JP * Pbh * (1 - \min(V_P, Vbh_P)) * Ls * (1 - Gm)) + (JP * Gm * (1 - Ls) * D_Gm)$$

$$R_O = (OP * Pbh * (1 - \min(V_P, Vbh_P)) * Ls)$$

$$M_J = IF (Ls >= Dw_Ls) AND (Vbh_P > Vbh_M) Then (JM * Pbh) ELSE (JM * Pbh * (1 - \min(V_M, Vbh_M)) * Ls)$$

$$M_O = IF (Ls >= Dw_Ls) AND (Vbh_P > Vbh_M) Then (OM * Pbh) ELSE (OM * Pbh * (1 - \min(V_M, Vbh_M)) * Ls)$$

{Functions}

$$BR = 273.75$$

$$Pr_JM = (0.9 - (0.4 * V_M))$$

$$Pr_OM = (0.6 - (0.4 * V_M))$$

$$Pr_JP = (0.9 - (0.4 * V_P))$$

$$Pr_OP = (0.9 - (0.4 * V_P))$$

$$NS_J = 0.1$$

$$NS_O = 0.05$$

$$V_M = 0.1$$

$$V_P = 0.1$$

$$C_M = 1000 * \min(V_M, Vbh_M)$$

$$C_P = 500 * \min(V_P, Vbh_P)$$

$$Vbh_P = 0.75$$

$$Vbh_M = 0.20$$

$$Pbh = 0$$

$$Ls = 0$$

$$Dw_LS = 0$$

$$Gm = 0.17$$

$$D_Gm = 0.13$$

$$TPZ = 17$$

$$TPW = 8$$

$$TMZ = 15$$

$$TMW = 10$$

RESERVOIRS

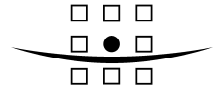
JP = Jong Polder
OP = Oud Polder
JM = Jong Markermeer
OM = Oud Markermeer

FLOWS

Gr_P = Groei Polder
Gr_M = Groei Markermeer
B_P = Birth Polder
B_M = Birth Markermeer
D_JM = Death Jong Markermeer
D_OM = Death Oud Markermeer
D_JP = Death Jong Polder
D_OP = Death Oud Polder
R_J = Remigratie Jong
R_O = Remigratie Oud
M_J = Migratie Jong
M_O = Migratie Oud

FUNCTIONS

C_M = Carrying Capacity Markermeer
C_P = Carrying Capacity Polder
BR = Birth Rate
Pr_O = Predatiedruk Oud
Pr_J = Predatiedruk Jong
NS_J = Natuurlijke Sterfte Jong
NS_O = Natuurlijke Sterfte Oud
V_M = Vegetatie Markermeer
V_P = Vegetatie Polder
Vbh_M = Voedselbeschikbaarheid Markermeer
Vbh_P = Voedselbeschikbaarheid Polder
Pbh = Passeerbaarheid
Ls = Lokstroom
Dw_LS = Drempelwaarde Lokstroom
Gm = Winteractiviteit Gemaal
D_Gm = Death Gemaal
TPZ = Temperatuur Polder Zomer (6-9)
TPP = Temperatuur Polder Paaitijd (4-5)
TMZ = Temperatuur Markermeer Zomer (6-9)
TMP = Temperatuur Markermeer Paai (4-5)



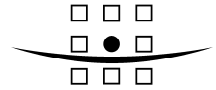
Bijlage 2

Overzicht van de herkomst en inhoud van meetpunten

Een overzicht van de gebruikte data voor het maken van de input kaarten in HABITAT. IJ= IJmeer, M= markermeer, Periode= tijd waarin velddata verzameld zijn.

Datum	Informatie	Waar	Periode	Bron
15-2-2011	orthofosfaat	IJ	2000-2011	DONAR
15-2-2011	temperatuur	M & IJ	2000-2011	DONAR
15-2-2011	zuurstofgehalte	IJ	2000-2011	DONAR
2-03-2011	zuurstofgehalte	M	2000	Waterbase
15-2-2011	total fosfaat	IJ	2000-2011	DONAR
2-03-2011	total fosfaat	M	2000-2008	Waterbase
15-2-2011	kjeldahl stikstof	IJ	2000-2011	DONAR
2-03-2011	kjeldahl stikstof	M	2000	Waterbase
15-2-2011	nitraat	IJ	2000-2011	DONAR
2-03-2011	nitraat	M	2000	Waterbase
15-2-2011	nitriet	IJ	2000-2011	DONAR
2-03-2011	nitriet	M	2000	Waterbase
15-2-2011	chlorofyl-a	IJ	2000-2011	DONAR
2-03-2011	chlorofyl-a	M	2000-2008	Waterbase

A COMPANY OF

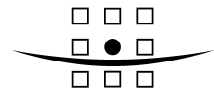


ROYAL HASKONING

Bijlage 3 Habitatkaarten

@@Los bestand@@

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 4 **N2000-opgave opgave Markermeer**

Essentietabel Natura 2000-gebied 073. Markermeer & IJmeer

Kernopgaven

	Opgave landschappelijke samenhang en interne compleetheid (Meren en moerassen)	Behoud en herstel van samenhang tussen slaappleaatsen en foerageergebieden in het bijzonder voor grasetende watervogels en meervleermuizen (de belangrijkste kraamkamerfunctie en slaapfunctie van de meervleermuis ligt vooral in gebouwen buiten de Natura 2000 gebieden). Voor afgesloten zeearmen en randmeren behoud van de specifieke betekenis van de verschillende onderdelen voor habitattypen en vogels. Herstel van mozaïek van verlandingsstadia van open water tot moerasbos en herstel van gradiënt watertypen (inclusief brak) met name in het deellandschappen Laagveen.
4.01	Evenwichtig systeem	Nastreven van een meer evenwichtig systeem met goede waterkwaliteit voor waterplanten, vissen en schelpdieren (met name in kranwierwateren H3140 en <i>meren met krabbescheer en fonteinkruiden</i> H3150), mede t.b.v. vogels zoals <i>kleine zwaan</i> A037, <i>tafeleend</i> A059, <i>kuifeend</i> A061 en <i>nonnetje</i> A068.
4.02	Rui- en rustplaatsen	Voldoende open water met ruiplaatsen en rustgebieden voor watervogels zoals <i>fuut</i> A005, <i>ganzen</i> , <i>slobeend</i> A056 en <i>kuifeend</i> A061.
4.03	Moerasranden	Moerasvorming aan de randen van de meren voor land-water interactie, paaigebied vis, <i>noordse woelmuis</i> *H1340 en voor moerasvogels als <i>roerdomp</i> A021 en <i>grote karekiet</i> A298.

Instandhoudingsdoelstellingen

		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.	Draagkracht aantal vogels	Draagkracht aantal paren	Kernopgaven
Habitattypen								
H3140	Kranwierwateren	--	=	=				4.01,W
Habitatsoorten								
H1163	Rivierdonderpad	-	= (>)	= (>)	=			4.01,W 4.03,W
H1318	<i>Meervleermuis</i>	-	=	=	=			
Broedvogels								
A017	Aalscholver		=	=			8000*	
A193	Visdief	-	=	=			630	
Niet-broedvogels								
A005	Fuut	-	=	=		170		4.02
A017	Aalscholver	+	=	=		2600		
A034	Lepelaar	+	=	=		2		
A043	Grauwe Gans	+	=	=		510		4.02

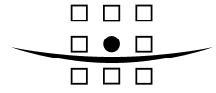
A045	Brandgans	+	=	=	160	4.02	
A050	Smient	+	=	=	15600		
A051	Krakeend	+	=	=	90		
A056	Slobeend	+	=	=	20	4.02	
A058	Krooneend	-	=	=			
A059	Tafeleend	--	=	=	3200	4.01,W	
A061	Kuifeend	-	=	=	18800	4.01,W	4.02
A062	Toppereend	--	=	=	70		
A067	Brielduiker	+	=	=	170		
A068	Nonnetje	-	=	=	80	4.01,W	
A070	Grote Zaagbek	--	=	=	40		
A125	Meerkoet	-	=	=	4500		
A177	Dwergmeeuw	-	=	=			
A197	Zwarte Stern	--	=	=			

deze tabel is gebaseerd op het definitief aanwijzingsbesluit
Gebruik deze essentietabel in combinatie met de leeswijzer

Legenda

W	Kernopgave met wateropgave
%	Sense of urgency: beheeropgave
%	Sense of urgency opgave m.b.t. watercondities
SVI landelijk	Landelijke Staat van Instandhouding (-- zeer ongunstig; - matig ongunstig, + gunstig)
=	Behoudsdoelstelling
>	Verbeter- of uitbreidingsdoelstelling
=(<)	Ontwerp-aanwijzingsbesluit heeft 'ten gunste van' formulering

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 5 **HABITAT model uitwerking**

Appendix X Outline Model

Scenario 0

- Waterpeil en Turbiditeit

- Diepte Voorbereiding

- Input
 - Diepte
 - Output
 - Bathymetry

- Diepte

- Input
 - Bathymetry
 - Output
 - Dieptegemiddeldzomer
 - BooleanDieptetot350
 - DiepteMaart
 - Diepteminimaalzomer
 - Dieptetot350

- Transparantie

- Input
 - Slibwatercolumn
 - Output
 - Transparantie
 - Turbiditeit

- Licht Extinctie

- Input
 - Transparantie
 - BooleanDieptetot350
 - Chlorofyl
 - Output
 - LichtExtinctie

- Expositie

- Wateroppervlakte

- Input
 - Dieptegemiddeldzomer
 - Output
 - Prewater
 - Wateroppervlakte

- Slopelengh

- Input

- Wateroppervlakte

- Output

- AfstandNoord
 - AfstandNoordoost
 - AfstandZuid
 - AfstandZuidwest
 - AfstandWest
 - AfstandNoordwest
 - AfstandOost
 - AfstandZuidoost

- Striijklengte

- Input

- AfstandNoord
 - AfstandNoordoost
 - AfstandZuid
 - AfstandZuidwest
 - AfstandWest
 - AfstandNoordwest
 - AfstandOost
 - AfstandZuidoost
 - BooleanDieptetot350

- Output

- Striijklengte

- Fytoplankton

- Fytoplankton

- Input

- TotaalP
 - TotaalN
 - Transparantie

- Output

- ChlorofylAbundantie
 - Chlorofylsoortensamenstelling
 - FytoplanktonEKR

- HSIFytoplankton

- Input

- FytoplanktonEKR
 - MaskOer
 - MaskScherm

- Output

- HSIFytoplankton
 - HSIFytoplanktonDummyOer

- HSI Fytoplankton Dummy Scherm
- Macrofyten
 - Macrofyten Alles
 - Input
 - Dieptegemiddeldzomer
 - LichtExtinctie
 - Strijklengte
 - Output
 - MacrofytenAlles
 - HSI Macrofyten Alles
 - Input
 - MacrofytenAlles
 - BooleanDieptetot350
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSI MacrofytenAlles
 - HSI MacrofytenAlles Dummy Oer
 - HSI MacrofytenAlles Dummy Scherm
- Oevervegetatie
 - Oevervegetatie Expositie
 - Input
 - Strijklengte
 - Output
 - HSI Oevervegetatie Expositie
 - Oevervegetatie Diepte
 - Input
 - DiepteGemiddeldzomer
 - Output
 - HSI Oevervegetatie Diepte
 - Oevervegetatie Fluctuatie
 - Input
 - DiepteMaart
 - DiepteMinimaalzomer
 - Output
 - HSI Oevervegetatie Fluctuatie
 - HSI Oevervegetatie Totaal
 - Input
 - HSI Oevervegetatie Diepte
 - HSI Oevervegetatie Expositie
 - HSI Oevervegetatie Fluctuatie
- MaskOer
- MaskScherM
- HSI Oevervegetatie Totaal
- HSI Oevervegetatie Totaal Dummy Oer
- HSI Oevervegetatie Totaal Dummy Scherm
- Kranswieren
 - Input
 - Bathymetry
 - Turbiditeit
 - SlibBodem
 - Strijklengte
 - Output
 - Kranswieren
- HSI Kranswieren
 - Input
 - Kranswieren
 - BooleanDieptetot350
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSI Kranswieren
- Fonteinkruid
 - Fonteinkruid
 - Input
 - Bathymetry
 - Turbiditeit
 - Strijklengte
 - SlibBodem
 - Output
 - Tenger Fonteinkruid
 - DoorgroeiD Fonteinkruid
 - Sched Fonteinkruid
 - HSI Fonteinkruid
 - Input
 - Tenger Fonteinkruid
 - DoorgroeiD Fonteinkruid
 - Sched Fonteinkruid
 - BooleanDieptetot350
 - MaskOer
 - MaskScherM

- Output
 - HSI Tenger Fonteinkruid
 - HSI Doorgroeid Fonteinkruid
 - HSI Sched Fonteindkruid
 - HSI Fonteinkruid Potentie
 - HSI Fonteinkruid Potentie Dummy Oer
 - HSI Fonteinkruid Potentie Dummy Scherm
- Driehoeksmossel
 - HSI Diepte
 - Input
 - Diepte Gemiddeld zomer
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Diepte
 - HSI Bodemtype
 - Input
 - Bodemtype
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Bodemtype
 - HSI Filterfeeding
 - Input
 - Slibgehalte
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Filterfeeding
 - HSI Vestiging
 - Input
 - Slibsopbodern
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Vestiging
 - HSI Orthofosphaat
 - Input
 - Orthofosphaat 10m
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Orthofosphaat
 - HSI Schelpen in Bodern
 - Input
 - Schelpen In Bodern
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Schelpen In Bodern
 - HSI Temperatuur
 - Input
 - Temperatuur Gemiddeld Hoog/Laag
 - Output

- HSI Diehoeksmossel Temperatuur
 - HSI Zuurstof
 - Input
 - Zuurstof mgl
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Zuurstof mgl
 - HSI Driehoeksmossel
 - Input
 - HSI Driehoeksmossel Diepte
 - HSI Driehoeksmossel Bodemtype
 - HSI Driehoeksmossel Filterfeeding
 - HSI Driehoeksmossel Vestiging
 - HSI Driehoeksmossel Orthofosphaat
 - HSI Driehoeksmossel Schelpen In Bodern
 - HSI Driehoeksmossel Temperatuur
 - HSI Driehoeksmossel Zuurstof
 - Mask Oer
 - Mask Schern
 - Output
 - HSI Driehoeksmossel Totaal
 - HSI Driehoeksmossel Totaal Dummy Oer
 - HSI Driehoeksmossel Totaal Dummy Schern
- Quaggamossel
 - HSI Diepte
 - Input
 - Diepte Gemiddeld zomer
 - Output
 - HSI Quaggamossel Diepte
 - HSI Bodemtype
 - Input
 - Bodemtype
 - Output
 - HSI Quaggamossel Bodemtype
 - HSI Filterfeeding
 - Input
 - Slibgehalte
 - Output
 - HSI Quaggamossel Filterfeeding
 - HSI Vestiging
 - Input
 - Slibsopbodern

- Output
 - HSIQuaggamosselVestiging
 - HSI Orthophosfaat
 - Input
 - Orthophosfaat10m
 - Output
 - HSIQuaggamosselOrthophosfaat
 - HSI Schelpen in Bodem
 - Input
 - SchelpenInBodem
 - Output
 - HSIQuaggamosselSchelpenInBodem
 - HSI Temperatuur
 - Input
 - TemperatuurGemiddeld Hoog/Laag
 - Output
 - HSIDiehoeksmosselTemperatuur
 - HSI Zuurstof
 - Input
 - Zuurstofmgl
 - Output
 - HSIQuaggamosselZuurstofmgl
 - HSI Quaggamossel
 - Input
 - HSIQuaggamosselDiepte
 - HSIQuaggamosselBodemtype
 - HSIQuaggamosselFilterfeeding
 - HSIQuaggamosselVestiging
 - HSIQuaggamosselOrthophosfaat
 - HSIQuaggamosselSchelpenInBodem
 - HSIQuaggamosselTemperatuur
 - HSIQuaggamosselZuurstof
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSIQuaggamosselTotaal
 - HSIQuaggamosselTotaalDummyOer
 - HSIQuaggamosselTotaalDummyScherM
 - Spiering
 - HSI Temperatuur
 - Input
 - TemperatuurGemiddeld Hoog/Laag
 - Output
 - HSIspieringTemperatuur
- HSI Transparantie
 - Input
 - Transparantie
 - Output
 - HSIspieringTransparantie
- HSI Zuurstof
 - Input
 - Zuurstofmgl
 - Output
 - HSIspieringZuurstof
- HSI Totaal
 - Input
 - HSIspieringTemperatuur
 - HSIspieringTransparantie
 - HSIspieringZuurstof
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSIspieringTotaal
 - HSIspieringTotaalDummyOer
 - HSIspieringTotaalDummyScherM
- Rivierdonderpad
 - HSI Diepte
 - Input
 - Diepte
 - Output
 - HSI Rivierdonderpad Diepte
 - HSI Slibgehalte
 - Input
 - Slibgehalte
 - Output
 - HSI Rivierdonderpad Slibgehalte
 - HSI TemperatuurMax
 - Input
 - TemperatuurMax Hoog/Laag
 - Output
 - HSI Rivierdonderpad Temperatuur
 - HSI Zuurstofverzadiging

- Input
 - Zuurstofverzadiging
 - Output
 - HSIRivierdonderpadZuurstofvezadiging
 - HSI Macrofyten
 - Input
 - HSI Macrofyten Alles
 - Output
 - HSIRivierdonderpadMacrofyten
 - HSI Totaal
 - Input
 - HSIRivierdonderpadDiepte
 - HSIRivierdonderpadSlibgehalte
 - HSIRivierdonderpadTemperatuur
 - HSIRivierdonderpadZuurstofverzadiging
 - HSIRivierdonderpadMacrofyten
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSIRivierdonderpadTotaal
 - HSIRivierdonderpadDummyOer
 - HSIRivierdonderpadDummyScherM
 - Vogels
 - Plant-etende Vogels
 - Input
 - DiepteGemiddeldzomer
 - HSI Macrofyten Alles
 - Output
 - PlantetendeVogels
 - HSI Plant-etende Vogels
 - Input
 - Plantetendevogels
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSI Plantetendevogels
 - HSI PlantetendevogelsDummyOer
 - HSI PlantetendevogelsDummyScherM
 - Benthos-etende Vogels
 - Input
 - DiepteGemiddeldzomer
 - HSI DriehoeksmosselTotaal
 - HSI QuaggamosselTotaal
 - Output
 - Benthosetendevogels
 - HSI Benthos-etende vogels
 - Input
 - Benthosetendevogels
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSI BenthosetendeVogels
 - HSI BenthosetendeVogelsDummyOer
 - HSI BenthosetendeVogelsDummyScherM
 - Vis-etende vogels
 - Input
 - DiepteGemiddeldzomer
 - Transparantie
 - Output
 - VisetendeVogels
 - HSI Vis-etende vogels
 - Input
 - VisetendeVogels
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - HSI VisetendeVogels
 - HSI VisetendeVogelsDummyOer
 - HSI VisetendeVogelsDummyScherM
 - Spatial Statistics
 - Areaal Macrofyten
 - Input
 - HSI Macrofyten Alles
 - Output
 - -
 - Areaal Fytoplankton
 - Input
 - HSI Fytoplankton
 - Output
 - -
 - Areaal Kranswieren
 - Input
 - -

- HSIKranswieren
 - Output
 - -
 - Areaal Fonteinkruid
 - Input
 - HSIFonteinkruidPotentie
 - Output
 - -
 - Areaal Driehoeksmossel
 - Input
 - HSIDriehoeksmosselTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Quaggamossel
 - Input
 - HSIQuaggamosselTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Spiering
 - Input
 - HSIspieringTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Rivierdonderpad
 - Input
 - HSIrivierdonderpadTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal PlantetendeVogels
 - Input
 - HSIPlantetendevogels
 - Output
 - -
 - Areaal BenthosetendeVogels
 - Input
 - HSIbenthosetendevogels
 - Output
 - -
 - Areaal VisetendeVogels
 - Input
 - HSIvisetendeVogels
 - Output

Scenario 1,4

- Waterpeil en Turbiditeit
 - Diepte Voorbereiding
 - Input
 - eenDiepte1
 - Output
 - eenBathymetry
 - Diepte
 - Input
 - eenBathymetry
 - Output
 - eenDieptegemiddeldzomer
 - eenBooleanDieptetot350
 - eenDiepteMaart
 - eenDiepteminimaalzomer
 - eenDieptetot350
 - Transparantie
 - Input
 - eenSlibwatercolumn1
 - Output
 - eenTransparantie
 - eenTurbiditeit
 - Licht Extinctie
 - Input
 - eenTransparantie
 - eenBooleanDieptetot350
 - eenChlorofyl
 - Output
 - eenLichtExtinctie
- Expositie
 - Wateroppervlakte
 - Input
 - eenDieptegemiddeldzomer
 - Output
 - eenPrewater
 - eenWateroppervlakte
 - Slopelength
 - Input
 - eenWateroppervlakte

- Output
 - eenAfstandNoord
 - eenAfstandNoordoost
 - eenAfstandZuid
 - eenAfstandZuidwest
 - eenAfstandWest
 - eenAfstandNoordwest
 - eenAfstandOost
 - eenAfstandZuidoost
 - Strijk lengte
 - Input
 - eenAfstandNoord
 - eenAfstandNoordoost
 - eenAfstandZuid
 - eenAfstandZuidwest
 - eenAfstandWest
 - eenAfstandNoordwest
 - eenAfstandOost
 - eenAfstandZuidoost
 - eenBooleanDieptetot350
 - Output
 - eenStrijk lengte
 - Fytoplankton
 - Fytoplankton
 - Input
 - eenTotaalP
 - eenTotaalN
 - eenTransparantie
 - Output
 - eenChlorofylAbundantie
 - eenChlorofylsoortensamenstelling
 - eenFytoplanktonEKR
 - HSI Fytoplankton
 - Input
 - FytoplanktonEKR
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIFytoplankton
 - tweeHSIFytoplankton
 - drieHSIFytoplankton
 - Macrofyten
 - Macrofyten Alles
 - Input
 - eenDieptegemiddeldzomer
 - eenLichtExtinctie
 - eenStrijk lengte
 - Output
 - eenMacrofytenAlles
 - HSI Macrofyten Alles
 - Input
 - eenMacrofytenAlles
 - eenBooleanDieptetot350
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIMacrofytenAlles
 - tweeHSIMacrofytenAlles
 - drieHSIMacrofytenAlles
 - Oevervegetatie
 - Oevervegetatie Expositie
 - Input
 - eenStrijk lengte
 - Output
 - eenHSIOevervegetatieExpositie
 - Oevervegetatie Diepte
 - Input
 - eenDiepteGemiddeldzomer
 - Output
 - eenHSIOevervegetatieDiepte
 - Oevervegetatie Fluctuatie
 - Input
 - eenDiepteMaart
 - eenDiepteMinimaalzomer
 - Output
 - eenHSIOevervegetatieFluctuatie
 - HSI Oevervegetatie Totaal
 - Input
 - eenHSIOevervegetatieDiepte
 - eenHSIOevervegetatieExpositie
 - eenHSIOevervegetatieFluctuatie
 - MaskOer

- MaskScherm
 - Output
 - eenHSIOevervegetatie
 - tweeHSIOevervegetatie
 - drieHSIOevervegetatie
- Kranswieren
 - Input
 - eenBathymetry
 - eenTurbiditeit
 - eenSlibBodem1
 - eenStrijklengte
 - Output
 - eenKranswieren
- HSI Kranswieren
 - Input
 - eenKranswieren
 - eenBooleanDieptetot350
 - MaskOer
 - MaskScherm
 - Output
 - eenHSIkranswieren
 - tweeHSIkranswieren
 - drieHSIkranswieren
- Fonteinkruid
 - Fonteinkruid
 - Input
 - eenBathymetry
 - eenTurbiditeit
 - eenStrijklengte
 - eenSlibBodem
 - Output
 - eenTengerFonteinkruid
 - eenDoorgroeidFonteinkruid
 - eenSchedFonteinkruid
 - HSI Fonteinkruid
 - Input
 - eenTengerFonteinkruid
 - eenDoorgroeidFonteinkruid
 - eenSchedFonteinkruid
 - eenBooleanDieptetot350
 - MaskOer

- MaskScherm
 - Output
 - eenHSITengerFonteinkruid
 - eenHSIDoorgroeidFonteinkruid
 - eenHSISchedFonteinkruid
 - eenHSIFonteinkruidPotentie
 - tweeHSIFonteinkruid
 - drieHSIFonteinkruid
- Driehoeksmossel
 - HSI Diepte
 - Input
 - eenDiepteGemiddeldzomer
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselDiepte
 - HSI Bodemtype
 - Input
 - eenBodemtype
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselBodemtype
 - HSI Filterfeeding
 - Input
 - eenSlibgehalte1
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselFilterfeeding
 - HSI Vestiging
 - Input
 - eenSlibsopbodem1
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselVestiging
 - HSI Orthophosfaat
 - Input
 - eenOrthophosfaat10m
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselOrthophosfaat
 - HSI Schelpen in Bodem
 - Input
 - eenSchelpenInBodem
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselSchelpenInBodem
 - HSI Temperatuur
 - Input

- eenTemperatuurGemiddeld Hoog/Laag
 - Output
 - eenHSIDiehoeksmosselTemperatuur
- HSI Zuurstof
 - Input
 - eenZuurstofmgl
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselZuurstofmgl
- HSI Driehoeksmossel
 - Input
 - eenHSIDriehoeksmosselDiepte
 - eenHSIDriehoeksmosselBodemtype
 - eenHSIDriehoeksmosselFilterfeeding
 - eenHSIDriehoeksmosselVestiging
 - eenHSIDriehoeksmosselOrthophosphaat
 - eenHSIDriehoeksmosselSchelpenInBodem
 - eenHSIDriehoeksmosselTemperatuur
 - eenHSIDriehoeksmosselZuurstof
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIDriehoeksmosselTotaal
 - tweeHSIDriehoeksmosselTotaal
 - drieHSIDriehoeksmosselTotaal
- Quaggamossel
 - HSI Diepte
 - Input
 - eenDiepteGemiddeldzomer
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselDiepte
 - HSI Bodemtype
 - Input
 - eenBodemtype
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselBodemtype
 - HSI Filterfeeding
 - Input
 - eenSlibgehalte1
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselFilterfeeding
 - HSI Vestiging
- Spiering
 - Input
 - eenSlibsopbodem1
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselVestiging
- HSI Orthophosphaat
 - Input
 - eenOrthophosphaat10m
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselOrthophosphaat
- HSI Schelpen in Bodem
 - Input
 - eenSchelpenInBodem
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselSchelpenInBodem
- HSI Temperatuur
 - Input
 - eenTemperatuurGemiddeld Hoog/Laag
 - Output
 - eenHSIDiehoeksmosselTemperatuur
- HSI Zuurstof
 - Input
 - eenZuurstofmgl
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselZuurstofmgl
- HSI Quaggamossel
 - Input
 - eenHSIQuaggamosselDiepte
 - eenHSIQuaggamosselBodemtype
 - eenHSIQuaggamosselFilterfeeding
 - eenHSIQuaggamosselVestiging
 - eenHSIQuaggamosselOrthophosphaat
 - eenHSIQuaggamosselSchelpenInBodem
 - eenHSIQuaggamosselTemperatuur
 - eenHSIQuaggamosselZuurstof
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIQuaggamosselTotaal
 - tweeHSIQuaggamosselTotaal
 - drieHSIQuaggamosselTotaal

- HSI Temperatuur
 - Input
 - eenTemperatuurGemiddeld Hoog/Laag
 - Output
 - eenHSISpieringTemperatuur
- HSI Transparantie
 - Input
 - eenTransparantie
 - Output
 - eenHSISpieringTransparantie
- HSI Zuurstof
 - Input
 - eenZuurstofmgl
 - Output
 - eenHSISpieringZuurstof
- HSI Totaal
 - Input
 - eenHSISpieringTemperatuur
 - eenHSISpieringTransparantie
 - eenHSISpieringZuurstof
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSISpieringTotaal
 - tweeHSISpieringTotaal
 - drieHSISpieringTotaal
- Rivierdonderpad
 - HSIDiepte
 - Input
 - eenDiepte
 - Output
 - eenHSIRivierdonderpadDiepte
 - HSI Slibgehalte
 - Input
 - eenSlibgehalte
 - Output
 - eenHSIRivierdonderpadSlibgehalte
 - HSI TemperatuurMax
 - Input
 - eenTemperatuurMax Hoog/Laag
 - Output
- HSI Zuurstofverzadiging
 - Input
 - eenHSIRivierdonderpadTemperatuur
 - Output
 - eenZuurstofverzadiging
 - eenHSIRivierdonderpadZuurstofverzadiging
- HSI Macrofyten
 - Input
 - eenHSIMacrofytenAlles
 - Output
 - eenHSIRivierdonderpadMacrofyten
- HSI Totaal
 - Input
 - eenHSIRivierdonderpadDiepte
 - eenHSIRivierdonderpadSlibgehalte
 - eenHSIRivierdonderpadTemperatuur
 - eenHSIRivierdonderpadZuurstofverzadiging
 - eenHSIRivierdonderpadMacrofyten
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIRivierdonderpadTotaal
 - tweeHSIRivierdonderpad
 - drieHSIRivierdonderpad
- Vogels
 - Plant-etende Vogels
 - Input
 - eenDiepteGemiddeldzomer
 - eenHSIMacrofytenAlles
 - Output
 - eenPlantetendeVogels
 - HSI Plant-etende Vogels
 - Input
 - eenPlantetendevogels
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIPlantetendevogels
 - tweeHSIPlantetendevogels
 - drieHSIPlantetendevogels
 - Benthos-etende Vogels

- Input
 - DiepteGemiddeldzomer
 - eenHSIDriehoeksmosselTotaal
 - eenHSIQuaggamosselTotaal
 - Output
 - eenBenthosetendevogels
 - HSI Benthos-etende vogels
 - Input
 - eenBenthosetendevogels
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIBenthosetendeVogels
 - tweeHSIBenthosetendeVogels
 - drieHSIBenthosetendeVogels
 - Vis-etende vogels
 - Input
 - eenDiepteGemiddeldzomer
 - eenTransparantie
 - Output
 - eenVisetendeVogels
 - HSI Vis-etende vogels
 - Input
 - eenVisetendeVogels
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIVisetendeVogels
 - tweeHSIVisetendeVogels
 - drieHSIVisetendeVogels
 - Fuut Doorzicht
 - Input
 - eenTransparantie
 - Output
 - eenHSIFuutDoorzicht
 - Fuut Diepte
 - Input
 - eenBathymetry
 - Output
 - eenHSIFuutDiepte
 - HSI Fuut

- Input
 - eenHSIFuutDoorzicht
 - eenHSIFuutDiepte
 - MaskOer
 - MaskScherM
 - Output
 - eenHSIFuutTotaal
 - tweeHSIFuut
 - drieHSIFuut
 - Spatial Statistics
 - Areaal Macrofyten
 - Input
 - eenHSIMacrofytenAlles
 - Output
 - -
 - Areaal Fytoplankton
 - Input
 - eenHSIFytoplankton
 - Output
 - -
 - Areaal Kranswieren
 - Input
 - eenHSIKranswieren
 - Output
 - -
 - Areaal Fonteinkruid
 - Input
 - eenHSIFonteinkruidPotentie
 - Output
 - -
 - Areaal Driehoeksmossel
 - Input
 - eenHSIDriehoeksmosselTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Quaggamossel
 - Input
 - eenHSIQuaggamosselTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Spiering
 - Input

- eenHSISpieringTotaal
 - Output
 - -
- Areaal Rivierdonderpad
 - Input
 - eenHSIRivierdonderpadTotaal
 - Output
 - -
- Areaal PlantetendeVogels
 - Input
 - eenHSIPlantetendevogels
 - Output
 - -
- Areaal BenthosetendeVogels
 - Input
 - eenHSIBenthosetendevogels
 - Output
 - -
- Areaal VisetendeVogels
 - Input
 - eenHSIVisetendeVogels
 - Output
 - -
- Areaal Fuut
 - Input
 - eenHSIFuut
 - Output
 - -
- Scenario 2356
 - Macrofyten
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeMacrofytenOer
 - HSIMacrofytenDummyOer
 - DrieMacrofytenScherm
 - HSIMacrofytenDummyScherm
 - Output
 - TweeMacrofytenTotaal
 - DrieMacrofytenTotaal
 - Fytoplankton
 - Formula_Based

- Input
 - TweeFytoplanktonOer
 - HSIFytoplanktonDummyOer
 - DrieFytoplanktonScherm
 - HSIFytoplanktonDummyScherm
 - Output
 - TweeFytoplanktonTotaal
 - DrieFytoplanktonTotaal
- Oevervegetatie
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeOevervegetatieOer
 - HSIOevervegetatieDummyOer
 - DrieOevervegetatieScherm
 - HSIOevervegetatieDummyScherm
 - Output
 - TweeOevervegetatieTotaal
 - DrieOevervegetatieTotaal
- Kranswieren
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeKranswierenOer
 - HSIKranswierenDummyOer
 - DrieKranswierenScherm
 - HSIKranswierenDummyScherm
 - Output
 - TweeKranswierenTotaal
 - DrieKranswierenTotaal
- Fonteinkruid
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeFonteinkruidOer
 - HSIFonteinkruidDummyOer
 - DrieFonteinkruidScherm
 - HSIFonteinkruidDummyScherm
 - Output
 - TweeFonteinkruidTotaal
 - DrieFonteinkruidTotaal
- Driehoeksmossel
 - Formula_Based
 - Input

- TweeDriehoeksmosselOer
 - HSIDriehoeksmosselDummyOer
 - DrieDriehoeksmosselScher
 - HSIDriehoeksmosselDummyScher
 - Output
 - TweeDriehoeksmosselTotaal
 - DrieDriehoeksmosselTotaal
- Quaggamossel
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeQuaggamosselOer
 - HSIQuaggamosselDummyOer
 - DrieQuaggamosselScher
 - HSIQuaggamosselDummyScher
 - Output
 - TweeQuaggamosselTotaal
 - DrieQuaggamosselTotaal
- Spiering
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeSpieringOer
 - HSIspieringDummyOer
 - DrieSpieringScher
 - HSIspieringDummyScher
 - Output
 - TweeSpieringTotaal
 - DrieSpieringTotaal
- Rivierdonderpad
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeRivierdonderpadOer
 - HSIRivierdonderpadDummyOer
 - DrieRivierdonderpadScher
 - HSIRivierdonderpadDummyScher
 - Output
 - TweeRivierdonderpadTotaal
 - DrieRivierdonderpadTotaal
- PlantetendeVogels
 - Formula_Based
 - Input
 - TweePlantetendeVogelsOer
- HSIPlantetendeVogelsDummyOer
 - DriePlantetendeVogelsScher
 - HSIPlantetendeVogelsDummyScher
 - Output
 - TweePlantetendeVogelsTotaal
 - DriePlantetendeVogelsTotaal
- BodemfaunaEtendeVogels
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeBodemfaunaEtendeVogelsOer
 - HSIbodemfaunaEtendeVogelsDummyOer
 - DrieBodemfaunaEtendeVogelsScher
 - HSIbodemfaunaEtendeVogelsDummyScher
 - Output
 - TweeBodemfaunaEtendeVogelsTotaal
 - DrieBodemfaunaEtendeVogelsTotaal
- Visetende Vogels
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeVisetendeVogelsOer
 - HSIvisetendeVogelsDummyOer
 - DrieVisetendeVogelsScher
 - HSIvisetendeVogelsDummyScher
 - Output
 - TweeVisetendeVogelsTotaal
 - DrieVisetendeVogelsTotaal
- Fuut
 - Formula_Based
 - Input
 - TweeFuutOer
 - HSIFuutDummyOer
 - DrieFuutScher
 - HSIFuutDummyScher
 - Output
 - TweeFuutTotaal
 - DrieFuutTotaal
- Twee Spatial Statistics
 - Areaal Oevervegetatie
 - Input
 - TweeHSIOevervegetatieTotaal

- Output
 - -
 - Areaal Macrofyten
 - Input
 - TweeHSIMacrofytenTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Fytoplankton
 - Input
 - TweeHSIFytoplanktonToaal
 - Output
 - -
 - AreaalKranswieren
 - Input
 - TweeHSIKranswierenTotaal
 - Output
 - -
 - AreaalFonteinkruid
 - Input
 - TweeHSIFonteinkruidTotaal
 - Output
 - -
 - AreaalDriehoeksmossel
 - Input
 - TweeHSIDriehoeksmosselTotaal
 - Output
 - -
 - AreaalQuaggamossel
 - Input
 - TweeHSIQuaggamosselTotaal
 - Output
 - -
 - AreaalSpiering
 - Input
 - TweeHSISpieringTotaal
 - Output
 - -
 - AreaalRivierdonderpad
 - Input
 - TweeHSIRivierdonderpadTotaal
 - Output
 - -

- AreaalPlantetendeVogels
 - Input
 - TweeHSIPlantetendeVogelsTotaal
 - Output
 - -
- AreaalBodemfaunaEtendeVogels
 - Input
 - TweeHSIBodemfaunaEtendeVogelsTotaal
 - Output
 - -
- AreaalVisetendeVogels
 - Input
 - TweeHSIVisetendeVogelsTotaal
 - Output
 - -
- AreaalFuut
 - Input
 - TweeHSIFuutTotaal
 - Output
 - -
- Drie Spatial Statistics
 - Areaal Oevervegetatie
 - Input
 - DrieHSIOevervegetatieTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Macrofyten
 - Input
 - DrieHSIMacrofytenTotaal
 - Output
 - -
 - Areaal Fytoplankton
 - Input
 - DrieHSIFytoplanktonToaal
 - Output
 - -
 - AreaalKranswieren
 - Input
 - DrieHSIKranswierenTotaal
 - Output
 - -
 - AreaalFonteinkruid

- Input
 - DrieHSIFonteinkruidTotaal
 - Output
 - -
- AreaalDriehoeksmossel
 - Input
 - DrieHSIDriehoeksmosselTotaal
 - Output
 - -
- AreaalQuaggamossel
 - Input
 - DrieHSIQuaggamosselTotaal
 - Output
 - -
- AreaalSpiering
 - Input
 - DrieHSISpieringTotaal
 - Output
 - -
- AreaalRivierdonderpad
 - Input
 - DrieHSIRivierdonderpadTotaal
 - Output
 - -
- AreaalPlantetendeVogels
 - Input
 - DrieHSIPlantetendeVogelsTotaal
 - Output
 - -
- AreaalBodemfaunaEtendeVogels
 - Input
 - DrieHSIBodemfaunaEtendeVogelsTotaal
 - Output
 - -
- AreaalVisetendeVogels
 - Input
 - DrieHSIVisetendeVogelsTotaal
 - Output
 - -
- AreaalFuut
 - Input
 - DrieHSIFuutTotaal

- Output
 - -